

# Ontwikkelingen gebouwsimulatie vanuit internationaal perspectief

**Doc.dr.ir. Jan Hensen**

Knowledge Center Building & Systems TNO - TU/e

## Korte geschiedenis gebouwsimulatie en IBPSA

De geschiedenis van gebouwsimulatie<sup>1</sup> met behulp van computers (analoge in eerste instantie) gaat helemaal terug tot de 50-er jaren. Een van de eerste toepassingen betrof het gebruik van analoge computers voor het voorspellen van 2-dimensionale dynamische warmtestromen in bouwconstructies. In de 60-er jaren werden voor het eerst digitale computers gebruikt in diverse technische wetenschappen; ook op ons gebied. Het duurde niet lang voordat de eerste gebouwsimulatie software werd gemaakt.

Een interessant overzicht van de stand van zaken en de toekomst verwachtingen op het eind van de 60-er jaren is te vinden in de proceedings van het (waarschijnlijk) allereerste internationale congres op het gebied van gebouwsimulatie dat in 1970 in de USA werd georganiseerd (1). Op dit congres werden 62 papers gepresenteerd door auteurs uit 11 verschillende landen. Onderwerpen die aan de orde kwamen waren o.a. grondbeginselen (warmtetransport door geleiding en convectie, zonnestraling, weergegevens, etc.), warmte-, koellast- en energiegebruikberekeningen, analoge computers & timesharing, en grafische toepassingen. Nederland was al goed vertegenwoordigd met bijdragen van Oegema en Euser (2) en van Boeke en Larm (3).

De 70-jaren worden gekenmerkt door sterk toenemende belangstelling en activiteiten met betrekking tot onderzoek en ontwikkeling van gebouwsimulatie. Dit leidde o.a. tot een aantal proefschriften in buiten- (bijv. 4) en binnenland (5,6, en 7).

Pas in de 80-jaren werd door onderzoekers en andere geïnteresseerden de behoefte onderkend voor een of andere organisatie die het mogelijk zou moeten maken om onderling ideeën en ervaringen uit te wisselen en om kennis en resultaten naar een breder publiek over te dragen. Onderzoekers in België waren een van de voorlopers op dit gebied met de oprichting van de Building Analysis Group, een informele organisatie die nog steeds actief is (8). Helaas was een vergelijkbaar initiatief in Nederland (9) geen lang leven beschoren. Op een congres in de USA (10) werd het idee gelanceerd om een internationale organisatie op te zetten. Dit heeft uiteindelijk geleid tot de oprichting in 1987 van de International Building Performance Simulation Association, IBPSA<sup>2</sup>.

De primare doelstelling van IBPSA is het propageren en bevorderen van het gebruik van gebouwsimulatie ter verbetering van energetische en (binnen)milieu prestaties van nieuwe en bestaande gebouwen wereldwijd. IBPSA tracht dit te bereiken door middel van diensten en producten gericht op het geven van informatie en gereedschap aan personen die werkzaam zijn in de bouwindustrie en die gebouwsimulatie software doelmatig willen gebruiken.

---

<sup>1</sup> Onder "gebouw" wordt hier het schematisch in Figuur 2 aangegeven samenhangend geheel verstaan van binnenmilieu, constructie, installaties, mensen en buitenmilieu inclusief de onderlinge interacties

<sup>2</sup> <http://www.ibpsa.org>

IBPSA is internationaal succesvol met een serie van 2-jaarlijkse congressen: Vancouver '89, Nice '91, Adelaide '93, Wisconsin '95, Praag '97, Kyoto '99, en de eerstvolgende in Rio de Janeiro in 2001. De congressen worden groter en groter. Building Simulation '99 in Kyoto (11) telde zo'n 250 deelnemers uit 25 landen die 183 papers presenteerden met een uitgebreide scala van onderwerpen die als volgt zouden kunnen worden ingedeeld.

- Grondbeginselen: vocht, akoestiek, luchtkwaliteit, daglicht, menselijke factoren, stromingsleer, elektrische stromen, zonnestraling en beschaduwing, verwarming, ventilatie en airconditioning systemen en componenten, warmtetransport, thermodynamica, etc.
- Gereedschap: integratie, visualisatie, inter-operability, energieprestatie software voor gedetailleerde ontwerpfasen, software voor conceptuele ontwerpfasen, software voor analyse op stedenbouwkundig niveau, etc.
- Analyse: levenscyclus analyse, binnenluchtkwaliteit & thermische behaaglijkheid, energiegebruik, energiezuinige koelsystemen, daglicht versus kunstlicht, installatie foutdetectie en diagnose, gebouwgeïntegreerde elektriciteitsopwekking, optimalisatie van installatiegebruik, -regeling en -beheer.
- Kwaliteitsbewaking: training, praktische handleidingen, experimentele validatie, gevoeligheidsanalyses, analytische validatie, calibratie procedures, intermodel vergelijkingen, simulatie en de echte wereld, input data: weergegevens, bewonersgedrag, ....., etc.
- Kennisoverdracht: onderwijs en training, geschiedenis, trends en ontwikkelingen, simulatie in de bouwkundige ontwerppraktijk, en IBPSA geaffilieerde organisaties.

IBPSA heeft ook succes met web gebaseerde diensten en e-mail distributielijsten.

IBPSA heeft echter ook de problemen moeten onderkennen die gepaard gaan met het verder uitbreiden van diensten en producten die geschikt zijn voor de dagelijkse behoefte van alle leden. Dit heeft vooral te maken met de geografische spreiding van de IBPSA leden, die zeer wijds is, waardoor het noodzakelijk is om rekening te houden met ongelijksoortige werkwijzen, technologieën en praktische behoeften.

IBPSA realiseert zich dat regionale organisaties essentieel zijn om de bouwindustrie te helpen bij het effectief bruikbaar maken en inzetten van de zich snel ontwikkelende IT en simulatie technologieën. Dit maakte het nodig om een structuur op te zetten waarbij regionale organisaties zich bij IBPSA kunnen aansluiten om hun eigen kennis te verspreiden en hun lokale 'best practice' te bevorderen. Alleen op deze manier kunnen de voordelen van simulatie duidelijk worden gemaakt en kan wellicht in de toekomst normalisatie mogelijk worden. Met het oog op een netwerk van zelfstandige organisaties is IBPSA gaan regionaliseren en is bestaande of nieuwe groepen gaan aanmoedigen om zich aan te sluiten bij IBPSA. Dit is zo gedaan door IBPSA Australasia, IBPSA Canada, IBPSA Czech Republic, IBPSA France, IBPSA Ireland, IBPSA Japan, IBPSA Slovakia, IBPSA UK / BEPAC, en IBPSA USA.

## Een Nederlandse IBPSA organisatie<sup>3</sup>?

Het symposium "Modellen voor gebouw- en installatiesimulatie" (12) in 1999 was goed bezocht. Een van de belangrijkste conclusies was dat er duidelijk interesse is

---

<sup>3</sup> <http://www.bwk.tue.nl/fago/ibpsa>

voor het oprichten van een regionale IBPSA organisatie. Een tweetal aspecten is uitgebreid besproken tijdens en na het symposium:

- Wat voor activiteiten moeten/kunnen worden gedaan in onze regio?
- Moet onze regio worden beperkt tot Nederland, of is het zinvol om samen te gaan met Vlaanderen, België en wellicht Luxemburg?

Teneinde deze vragen vanuit een breder draagvlak te kunnen beantwoorden werd besloten een enquête uit te voeren onder de deelnemers aan bovengenoemd symposium en onder zoveel mogelijk andere potentieel geïnteresseerden. De resultaten zijn gepresenteerd op het symposium “Gebouwprestatie-simulatie in de Benelux” (13) waarvan een verslag elders in dit blad is opgenomen. Een en ander is ook on-line beschikbaar (14)

In het kort komen de resultaten erop neer dat er veel interesse bestaat; overigens veel meer in Nederland dan in België. Gezien de geringe interesse vanuit Wallonië ligt het voor de hand om verder te gaan als Nederlandstalige organisatie, wellicht Nederland plus Vlaanderen omvattend.

In een aantal andere landen zijn de regionale IBPSA organisaties strategische verbanden aangegaan met reeds bestaande verenigingen (bijv. IBPSA USA met ASHRAE en IBPSA UK met CIBSE). In Nederland zouden verbanden aangegaan kunnen worden met (bijvoorbeeld) TVVL (Nederlandse technische vereniging voor installaties in gebouwen), NVBV (Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging), NSVV (Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde), NAG (Nederlands Akoestisch Genootschap), etc. Dergelijke verbanden bieden zowel voordelen voor IBPSA (effectieve kennisoverdracht en –uitwisseling naar een groot aantal leden) als voor de (leden van) de al bestaande verenigingen (“kruisbestuiving” van kennis en ideeën op het gebied van gebouwsimulatie).

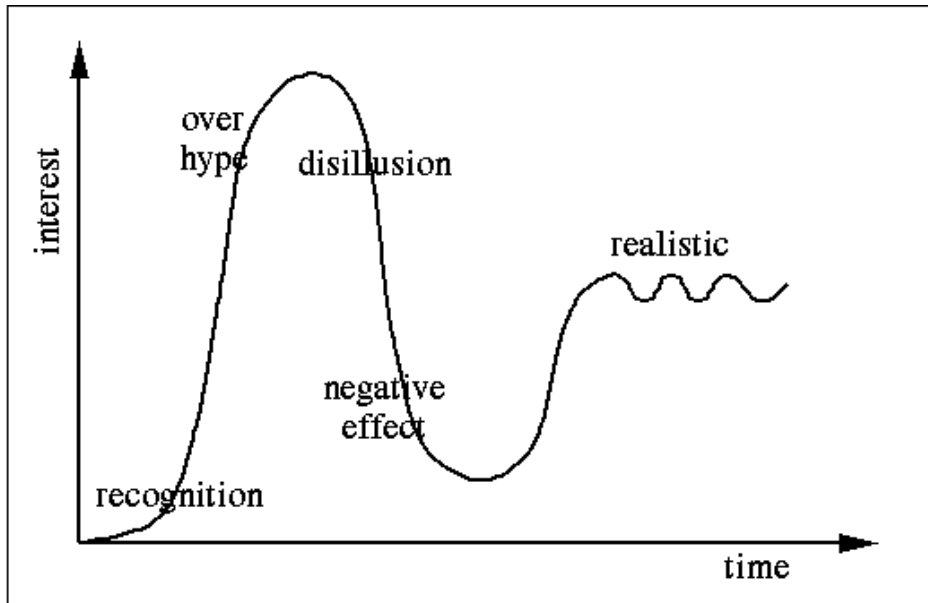
Bovenstaande ideeën en wat IBPSA Nederland i.o. verder kan/wil doen worden momenteel verder worden uitgewerkt. Geïnteresseerden worden verzocht om zich als zodanig kenbaar te maken (14).

## Trends en ontwikkelingen

Een korte en zeker niet volledige beschrijving van trends en ontwikkelingen kan beginnen met vast te stellen dat er een **sterk toenemende belangstelling** is voor het vakgebied van gebouwsimulatie. Dit geldt zowel internationaal (denk aan activiteiten van bijvoorbeeld IBPSA, ASHRAE en CIBSE op dit gebied) als nationaal (denk aan activiteiten van bijvoorbeeld VNI en TVVL op dit gebied). Er is ook een enorme toename van software; bijvoorbeeld in (15) zijn meer dan 200 energiegebruik gerelateerde simulatie software titels te vinden.

Terugkijkend op de geschiedenis van gebouwsimulatie is een trend waar te nemen zoals schematisch weergegeven in Figuur 1: “ontdekking”, gevolgd door (in eerste instantie) te hoge en onrealistische verwachtingen, vervolgens desillusie en andere negatieve effecten, en dan (min of meer moeizaam) langzaam terugkomen tot een realistisch verwachting- en gebruiksniveau. Dit patroon is te herkennen voor “energibalans”-simulaties maar ook voor andere modelleringstechnieken zoals bijvoorbeeld “expliciete installatie”-simulatie, computational fluid dynamics (CFD), ray-tracing gebaseerde lichtstudies, etc.

Een van de belangrijkste doelstellingen van IBPSA is om aan een breed publiek duidelijk te maken waar het (voortschrijdende) realistisch niveau van een specifieke simulatietechniek zich bevindt.



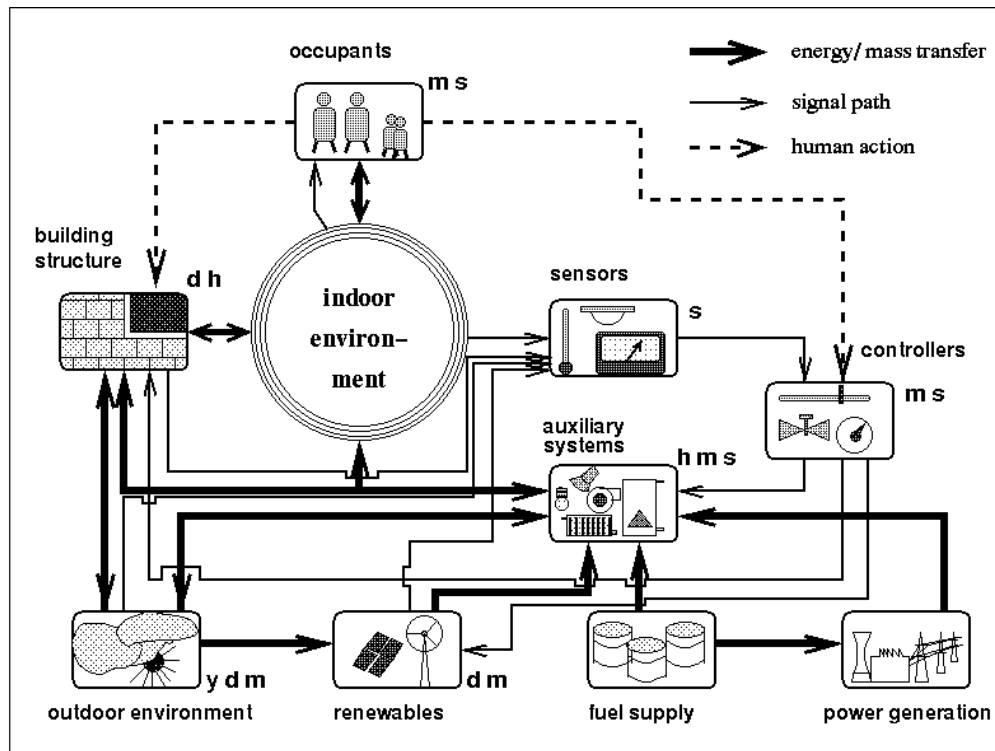
Figuur 1 Interesse (en acceptatie) van nieuwe technologieën zoals ICT en computer modellering en simulatie

**Kwaliteitsbewaking** heeft/verdiend zondermeer veel aandacht. Hierbij kan worden gedacht aan internationaal en nationaal onderzoek en ontwikkelingen met betrekking tot validatie en kalibreren van software. Internationaal is er ontzettend veel gedaan door bijvoorbeeld de IEA Energy Conservation in Buildings and Community Systems (16) en door ASHRAE. Daarnaast is vooral ook een goede opleiding van (toekomstige) simulatie gebruikers van belang. Gebouw modellering en simulatie begint een (verdiende) eigen plaats te krijgen bij verschillende opleidingen; zie bijv. (17).

**Onderzoek en ontwikkelingen** op het gebied van gebouwsimulatie zijn veelomvattend; zie bijv. (11). Aangezien het vrijwel onmogelijk is een allesomvattend beeld te schetsen, blijft dit artikel beperkt tot een aantal ontwikkelingen waaraan ook aandacht wordt besteed binnen het recent opgerichte Knowledge Center Building & Systems TNO – TU/e (18) en dan met name binnen het overall thema “strategisch ontwerp ondersteunend gereedschap”. (De andere meer specifieke thema’s zijn geluid, licht, gezonde gebouwen, warmte en vocht en installaties.) Het doel van het Center is het ontwikkelen, bevorderen en toepassen van kennis en gereedschap voor ontwerp en analyse van gebouw en installaties. Het werk is met name gericht op een beter begrip van de onderliggende principes voor een integrale prestatiegerichte benadering van traditionele en duurzame energiesystemen in de gebouwde omgeving. Er wordt vanuit gegaan dat (strategisch) ontwerp kennis en ontwerpgereedschap voornamelijk gebaseerd zou moeten zijn op gebouwsimulatie al dan niet in combinatie met andere informatie en communicatie technologieën.

Zoals schematisch weergegeven in Figuur 2, richten wij ons op een **integrale benadering** van het geheel van mens, binnenmilieu, gebouwconstructie en installaties daarbij rekening houdend met buitenmilieu en traditionele en duurzame energiesystemen. Met betrekking tot ontwerp kennis en ontwerpgereedschap beperken we ons niet tot de detailontwerpfase, zoals meestal word gedaan. Het onderzoek zal zich met name ook richten op de schetsontwerpfase en – nadat het is gebouwd - op de verdere levenscyclus van het gebouw.

Mede door nieuwe ontwikkelingen in de architectuur en in de bouw, is een integrale benadering van **gebouw en installaties** (op gelijkwaardig niveau) zeer belangrijk en actueel geworden. Historisch gezien is er een breed spectrum van gebouwssimulatie software. Enerzijds zijn er de programma's die met name gericht zijn op de energiebalans van het gebouw. Deze hebben vaak een sterk vereenvoudigde (conceptuele) benadering van de installaties. Er wordt meestal alleen rekening gehouden met het kamerproces; bijvoorbeeld warmte-uitwisseling middels vloerverwarming, gekoeld planfond, radiatoren, etc. zonder rekening te houden hoe en waar de warmte of koude wordt gegenereerd en hoe die door het gebouw wordt getransporteerd.



Figuur 2 Schematische weergave onderzoeksveld: het gebouw als integraal geheel van afzonderlijke energiesystemen

Aan de andere kant van het spectrum zijn er de programma's die gedetailleerd het gedrag van expliciete installatiecomponenten beschrijven. Het gebouw zelf wordt meestal als een (warmte/koude vraag) component op vereenvoudigde wijze meegenomen.

Er zijn ook programma's met een tussenliggende benadering waarbij een gebruiker de installatie kan specificeren in termen van functionaliteit; bijvoorbeeld een variabel volume systeem, een twee kanalen systeem, etc. Bij deze benadering is het vaak niet duidelijk hoe de installatie precies wordt gemodelleerd zowel in numerieke zin als vanuit het oogpunt van de gebruiker. Bovendien is het onduidelijk of identieke systemen (bijvoorbeeld een variabel volume systeem) ook op identieke wijze worden gemodelleerd door verschillende programma's.

Omdat de meeste installatieontwerpers juist de voorkeur zullen geven aan een **systemgebaseerde benadering** is het in verband met kwaliteitsbewaking noodzakelijk dat er een methodologie wordt onderzocht en geïmplementeerd die gebruik maakt van goed gedefinieerde templates voor systemen die kunnen worden gebruikt met/voor zowel conceptuele als expliciete modellering van installaties.

Tot voor kort werd software voor gebouwsimulatie meestal speciaal voor dat doel geschreven. Het was vrijwel niet mogelijk om software componenten uit te wisselen tussen verschillende programma's of om software te hergebruiken. Dit is principe een enorme verspilling, vandaar dat er een aantal ontwikkelingen en trends zijn in de richting van **uitwisselbare software componenten**. Een voorbeeld hiervan is de door ASHRAE geadopteerde Neutral Model Format (NMF) benadering die recent is overgegaan in het breder gedragen Modelica (19) initiatief. Een Nederlands voorbeeld op dit gebied is het Climasim project waarvan een omschrijving elders in dit blad is opgenomen.

Twee van de belangrijkste tekortkomingen van huidige gebouwsimulatie software zijn (a) dat ieder programma maar een beperkt aantal systemen of aspecten behandelt, en (b) dat de meeste programma's niet met elkaar kunnen communiceren. Bij dit laatste kan overigens worden gedacht in termen van invoerdata en in termen van (tussen)resultaten. Beide problemen kunnen worden opgelost door het **koppelen van software**.

Wat betreft meervoudig gebruik en **uitwisseling van invoerdata** zijn er al jaren (inter)nationale z.g. productmodel ontwikkelingen aan de gang zoals het COMBINE project (20), de Uniforme Omgeving (zie elders in dit blad), STEP/Express standaardisatie pogingen, en thans de Industry Foundation Classes (IFC) ontwikkeling. De laatste wordt internationaal breed door de industrie wordt gedragen middels de International Alliance for Interoperability (IAI, 21).

Wat betreft de **uitwisselen van (tussen)resultaten** wordt gewerkt aan het koppelen van "traditionele" gebouwsimulatie met specifieke installatiesimulatie software, met computational fluid dynamics (CFD) software, met ray-tracing software voor lichtberekeningen, met ook met algemene technische software zoals bijvoorbeeld MATLAB/Simulink etc.

De laatst genoemde koppeling zou ook belangrijke voordelen kunnen bieden met betrekking tot **simulatie** van allerlei **regelstrategieën**. In de gangbare gebouwsimulatie software is het moeilijk of vaak onmogelijk om als gebruiker nieuwe regelstrategieën te simuleren (de gebruiker is beperkt tot de standaard aangeboden opties) terwijl in algemene technische software zoals MATLAB/Simulink een zeer uitgebreid scala aan regelmodellen direct voorhanden is en/of door de gebruiker zelf relatief eenvoudig gedefinieerd kan worden.

Zoals hiervoor al aangegeven willen we ons niet beperken tot de detailontwerpfase maar ook **kennis en gereedschap voor de schetsontwerpfase** onderzoeken en ontwikkelen. Het is uitermate belangrijk om zo vroeg mogelijk in het ontwerp (liefst al bij de conceptvorming) goed gefundeerde beslissingen te kunnen nemen. De gedachte is dat simulaties ook hierbij een belangrijke rol zouden kunnen spelen. Recente Nederlandse voorbeelden op dit gebied zijn HENK (Het Energie Neutrale Kantoor, 22) en ILSA (Integrated Lighting System Assistant , 23).

Ervan uitgaande dat de meeste goede technische ontwerpen innovaties zijn van bestaande voorbeelden of ervaringen, ligt het voor de hand om te onderzoeken of een combinatie van simulatie en case-based reasoning zinvol is, of dat wellicht moet worden gekeken naar andere Artificial Intelligence technieken.

Verder wordt onderzocht in hoeverre simulatie een zinvolle rol zou kunnen spelen gedurende de gehele **verdere levenscyclus van het gebouw**. Nu is het nog vaak zo dat simulatiemodellen (als die er al zijn) niet bij het gebouw bewaard blijven; tekeningen en andere documenten overigens ook niet altijd. Een simulatiemodel zou echter gezien kunnen worden als een dynamisch document behorende bij het gebouw. Simulatie kan ingezet worden bij de oplevering van het gebouw, voor **commissioning**. Simulatie kan een rol spelen in de **(voorspellende) regeling** van het gebouw en de installaties door incorporatie in het building energy management

system (BEMS). Simulatie kan ook worden gebruikt bij het beheer van gebouw en installaties; bijvoorbeeld voor **foutdetectie en diagnostiek**.

## **Conclusies**

Er is een sterk toenemende belangstelling voor gebouwsimulatie. Het is uitermate belangrijk dat de verwachtingen realistisch zijn en dat gebouwsimulatie op een kwalitatief goede manier wordt ingezet en gebruikt. Het bevorderen en verbeteren van kennis op het gebied van gebouwsimulatie zal een van de belangrijkste doelstellingen zijn van een Nederlandse IBPSA organisatie.

Op het gebied van onderzoek is een trend waarneembaar naar integrale benadering van gebouw en installaties. Voor installatiesimulatie is er behoefte aan een systeemgebaseerde benadering. Om software efficiënter te kunnen gebruiken en verder te kunnen ontwikkelen is het noodzakelijk dat software componenten uitwisselbaar zijn en dat programma's gekoppeld kunnen worden. Gebouwsimulatie kan en moet ook toepassing vinden vroeg in het ontwerpproces en als het gebouw eenmaal gereed is gedurende de verdere levenscyclus.

## **Literatuur**

- (1) Kusuda, T. (Editor). "Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings", Proc. of a Symposium sponsored by the National Bureau of Standards, the American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc. and the Automated Procedures for Engineering Consultants, Inc.; held at NBS, Gaithersburg, Maryland, November 30 – December 2 1970.
- (2) Oegema, S. en P. Euser. "An Accurate Computing Method for the Analysis of the Non-steady Thermal Behavior of Office Buildings", in (1), pp. 289 – 304, 1970.
- (3) Boeke, A. en S. Larm. "A System of Computer Programs Widely Used in Europe for Designing, Selecting and Analyzing Different Air Conditioning Systems", in (1), pp. 393 – 404, 1970.
- (4) Clarke, J.A. "Environmental Systems Performance", PhD thesis University of Strathclyde, Glasgow, 1977.
- (5) Bruggen, R.J.A. van der. "Energy consumption for heating and cooling in relation to building design", proefschrift Technische Universiteit Eindhoven, 1978.
- (6) Lammers, J.T.H. "Human factors, energy conservation and design practice", proefschrift Technische Universiteit Eindhoven, 1978.
- (7) Paassen, A.H.C. van. "Indoor climate, outdoor climate and energy consumption: a new approach to the calculation of the effect of the outdoor and indoor climate on the energy consumption in buildings based on methods of statistical analysis", proefschrift Technische Universiteit Delft, 1981.
- (8) Lebrun, J. "Activities for the Building Analysis Group (BAG) for the next semester", <http://www.ulg.ac.be/labothap/ann-bag.htm>, 2000.
- (9) Augenbroe, G.L.M. "BAG\_NL activities", in Proc. The Future of Building Energy Modelling, CEC JRC Workshop, Ispra (I), 1987.
- (10) Proceedings 1st Annual Building Energy Simulation Conference, Seattle (WA), August 21-22, 1985.
- (11) Nakahara, N., H. Yoshida, M. Udagawa en J. Hensen (Editors). "Building Simulation '99 in Kyoto". Proceedings of the 6th International IBPSA Conference, 13 – 15 September 1999, Kyoto, International Building Performance Simulation Association, Volumes I, II and III ook als CD-ROM. 1999.
- (12) Hogeling, J. W. Plokker en J. Romer (Red.). "Modellen voor gebouw- en installatiesimulatie", Proceedings van een symposium georganiseerd door ECN, ISSO en TNO-Bouw, Delft, 19 oktober 1999.

- (13) Hensen, J.L.M., J. Hogeling, W. Plokker en J. Romer (Red.). "Gebouwprestatie-simulatie in de Benelux", Proceedings van een symposium georganiseerd door IBPSA Benelux i.o., Eindhoven, 27 oktober 2000.
- (14) <http://www.bwk.tue.nl/fago/ibpsa> (voorlopige site)
- (15) [http://www.eren.doe.gov/buildings/tools\\_directory/](http://www.eren.doe.gov/buildings/tools_directory/)
- (16) <http://www.ecbcs.org>
- (17) <http://www.bwk.tue.nl/fago/hensen>
- (18) <http://www.busy.tue.nl/>
- (19) <http://www.modelica.org/>
- (20) Augenbroe, G.. "COMBINE 2 Final Report", CEC Publication, Brussels, 1995.  
(Ook beschikbaar via: <http://erg.ucd.ie/> )
- (21) <http://jaiweb.lbl.gov>
- (22) <http://www.deerns.nl>
- (23) Groot, E. de. "Integrated Lighting System Assistant", proefschrift Technische Universiteit Eindhoven, 1999.