

# Prestatiesimulatie van een bestaand Geotabs-gebouw

Het accuraat inschatten van het energieverbruik van een gebouwtwerp wordt steeds belangrijker. Traditioneel wordt dit berekend door de netto energiebehoefte te delen door respectievelijk het productierendement, opslagrendement, verdeelrendement en afgifterendement van de installatie. Deze deelrendementen kunnen op verschillende manieren worden berekend. Maar dit gebeurt in de huidige praktijk allemaal op componentniveau, waarmee de complexe interactie tussen gebouw, gebouwgebruikers en installatie wordt verwaarloosd. Ook metingen bieden geen soelaas, omdat het schier onmogelijk is alle invloedsfactoren te registreren en de netto energiebehoefte geen meetbare grootte is. Geïntegreerde dynamische simulatie biedt uitkomst. Hierin worden zowel gebouw als installatie in detail gemodelleerd. Deze aanpak wordt toegepast op een Geotabs-gebouw.

Ir. W. (Wout) Parys, doctoraal onderzoeker afdeling Bouwfysica, KU Leuven; ing. J. (Jan) Hoogmartens, wetenschappelijk medewerker afdeling Toegepaste Mechanica en Energieconversie, KU Leuven; prof.dr.ir. L.M.L. (Lieve) Helsen, hoogleraar afdeling Toegepaste Mechanica en Energieconversie, KU Leuven; em.prof.dr.ir.-arch. H. (Hugo) Hens, emeritus afdeling Bouwfysica, KU Leuven; prof.dr.ir.-arch. D. (Dirk) Saelens, hoofddocent afdeling Bouwfysica, KU Leuven

Voor deze analyse is een bestaand gebouw geselecteerd. Het 'Hollandsch Huys' is een kantoorgebouw, gelegen te Hasselt (België),

dat werd opgeleverd in 2007. Het gebouw heeft vijf verdiepingen: een ondergrondse parking, drie verdiepingen kantoorruimte



-Figuur 1- Het 'Hollandsch Huys'

en een dakappartement (figuur 1). De totale vloeroppervlakte die voor kantoren beschikbaar is, bedraagt ongeveer 4.300 m<sup>2</sup>. De gevel is opgebouwd uit houtskeletmodules, waarvan het opake deel een U-waarde van 0,21 W/(m<sup>2</sup>.K) heeft. De vloer tussen het gelijkvloers en de parkeergarage heeft een U-waarde van 0,35 W/(m<sup>2</sup>.K), terwijl dit voor het dak 0,22 W/(m<sup>2</sup>.K) is. De ramen zijn alle uitgerust met driefoudige beglazing met een U-waarde van 0,65 W/(m<sup>2</sup>.K) en een g-waarde van 0,5. Er is voorzien in een externe zonwering bestaande uit verstelbare lamellen en boven-

dien zijn de ramen 35 cm achter het buitenvlak van de gevel opgesteld, wat zorgt voor extra beschaduwing. Dit gevelontwerp minimaliseert zo de invloed van het buitenklimaat op de warmte- en koelvraag door uitstekende isolatie en efficiënte zonwering.

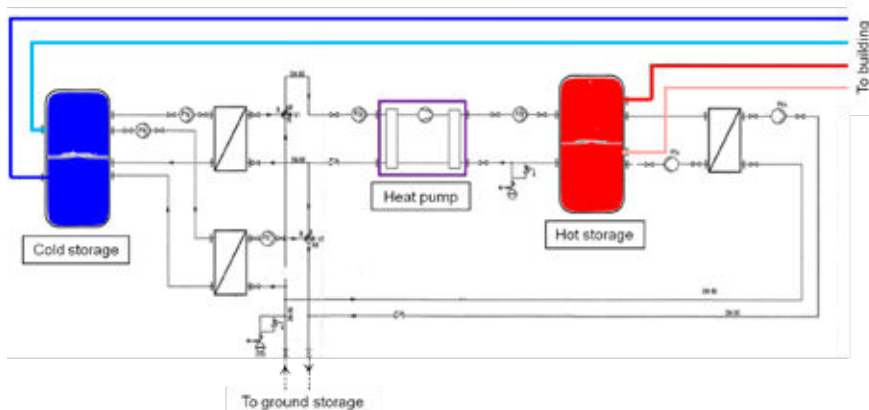
Een boorgatenergieopslag- of BEO-veld, bestaande uit 22 boorgaten met U-vormige warmtewisselaars, is rond het gebouw aangelegd. De boorgaten liggen ongeveer 5 m uit elkaar en zijn elk 75 m diep.

Het gelijkvloers en het dakappartement worden verwarmd door middel van vloerverwarming. In alle andere vloeren is betonkernactivering toegepast, waarbij een dubbel circuit watervoerende leidingen is geïntegreerd in de betonnen draagvloer. Elke verdieping is verdeeld in vier regelzones voor de betonkernactivering, met een aan/uit-debietregeling. Elk uur van de dag wordt de kraan, beurtelings voor de regelzones, 10 minuten opgedraaid, waarna de vertrek- en retourtemperatuur van het water worden vergeleken. Is het verschil tussen deze groter dan 2K, dan blijft de kraan open; zoniet wordt ze dichtgedraaid. De instelwaarde voor vertrektemperatuur van zowel vloerverwarming als betonkernactivering zijn een lineaire functie van de buitentemperatuur. De warmte en koude voor de betonkernactivering, luchtbehandelingsgroep en vloerverwarming worden geproduceerd in de centrale productie-eenheid, afgebeeld in figuur 2. Deze bestaat uit de grondgekoppelde warmtepomp, een koud en warm opslagvat van 1.000 liter en drie warmtewisselaars. De warmtepomp kan zowel in verwarmings- als koelmodus werken. Ook is er sprake van vrije koeling, waarbij koude wordt onttrokken uit het BEO-veld door rechtstreekse warmtewisseling met het koud opslagvat. Een condenserende gasketel is voorzien als back-up warmteproductie voor de luchtbehandelingsgroep.

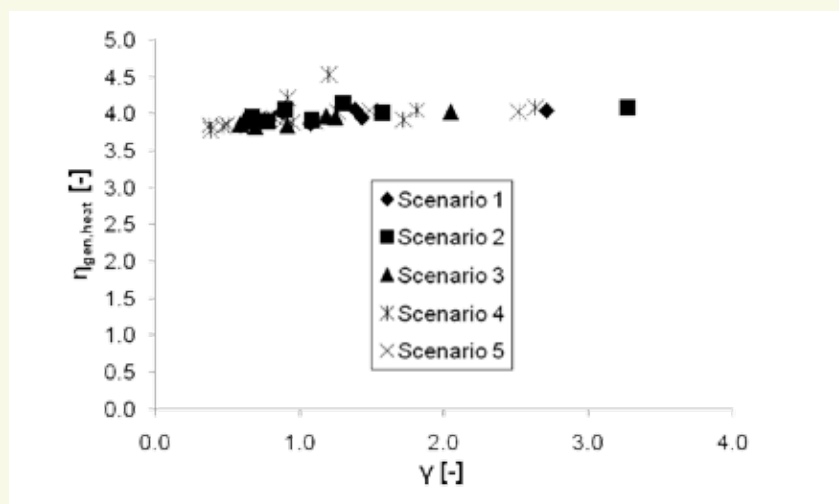
Het volledige gebouw en de installaties zijn gemodelleerd in Trnsys17. De submodellen voor BEO-veld, de luchtbehandelingsgroep, het gebouw en de betonkernactivering zijn alle gecalibreerd met meetdata uit het gebouwbeheersysteem. Dit is een tijdrovend werk, enerzijds door de nodige verwerking en filtering van meetdata en anderzijds omdat bepaalde simulatiemodellen, vooral voor grondopslag en betonkernactivering, op dit moment te ruw (en daardoor niet generisch) ontwikkeld zijn. Het volledige geïntegreerde model is tenslotte gevalideerd op basis van maandelijks energiegebruik en maandelijks energieinput en -output in de grond, gemeten in 2010.

## RESULTATEN

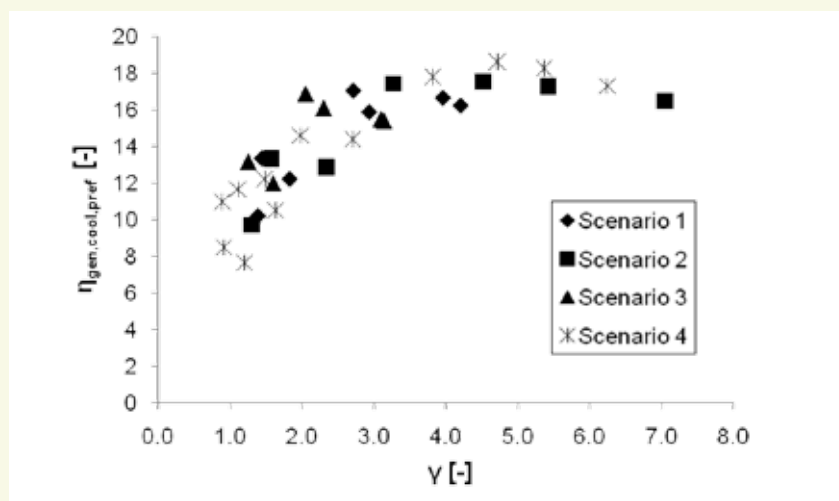
De maandelijks rendementen van de warmte- en koudeproductie, opslag, verdeling en afgifte



-Figuur 2- Schema van de centrale productie-eenheid



-Figuur 3a- Maandelijks productierendement warmtepomp in verwarmingsmodus



-Figuur 3b- Maandelijks productierendement vrije koeling

worden berekend. Deze laatste twee worden samengenomen in het zogeheten systeemrendement, omdat het onderscheid tussen verdeling en afgifte minder afgeïjnd is voor betonkernactivering. Om voldoende data te genereren, wordt het model gesimuleerd met vijf verschillende sets van randvoorwaarden – combinaties van weerdata en gebouwgebruik. De resultaten worden uitgedrukt in functie van de maandelijks *heat-balance ratio* of warmte-

balansratio  $\gamma$ , zoals gedefinieerd in de Europese norm EN 13790. Dit is de verhouding van de warmtewinsten (zonnwinsten en interne winsten) over de warmteverliezen (transmissieverliezen en ventilatieverliezen) op gebouwniveau. Deze variabele drukt de deellast uit, maar kan berekend worden zonder specifieke kennis van de installatie. De invloeden van zowel weer, gebouw als gebouwgebruik zitten vevat in deze variabele.

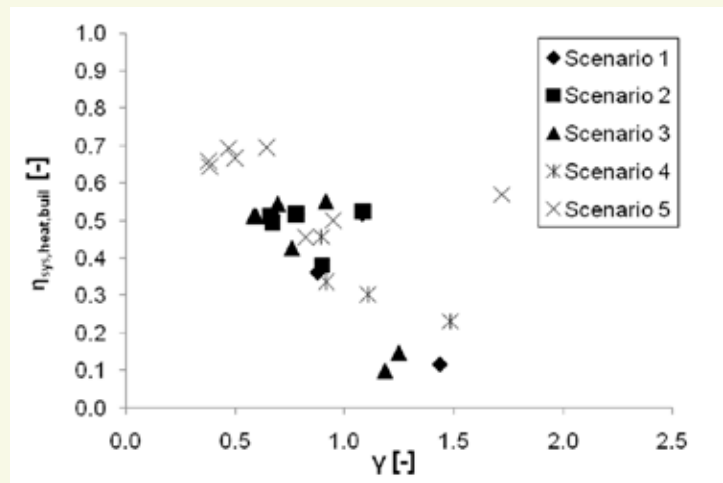
### Productierendement

Het productierendement is gedefinieerd als de verhouding tussen de geproduceerde warmte/koude en de energie (elektrisch of fossiel) die wordt gebruikt om dit te doen. Het productierendement wordt geëvalueerd op niveau van de productie-eenheid, dus inbegrepen het energiegebruik voor de pomp van het BEO-veld en de pompen tussen de warmtepomp, warmtewisselaars en opslagvaten (figuur 2). Figuur 3a toont het productierendement van de warmtepomp in verwarmingsmodus. Zoals verwacht, is dit quasi constant, hoewel toch een lichte stijging bij hogere waarden voor  $\gamma$  wordt gevonden. Aangezien het temperatuurregime afhankelijk is van de buitentemperatuur, zal tijdens warmere maanden (die dus een hogere warmtebalansratio hebben), de settemperatuur lager en dus de COP van de warmtepomp hoger liggen. Echter, tijdens maanden met hogere warmtebalansratio zullen ook de warmtevraag en dus de deellast laag zijn, wat een negatieve invloed kan hebben op de COP. Dit wordt ondervangen door koppeling met de opslagvaten. Het productierendement van de warmtepomp in verwarmingsmodus stijgt van ongeveer 3.8 bij warmtebalansratio's onder 0.5 tot ongeveer 4.0 bij een warmtebalansratio van 3.0.

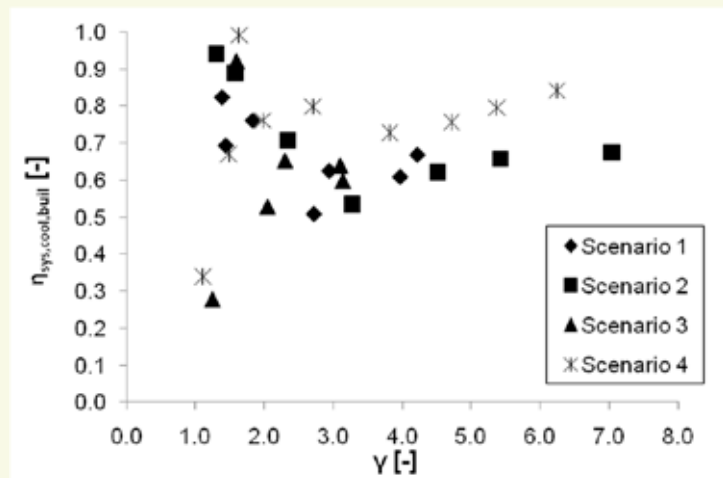
Actieve koeling met behulp van de warmtepomp wordt zelden of nooit gebruikt, omdat er strenge voorwaarden (bijvoorbeeld buitentemperatuur hoger dan 30°C gedurende een uur) aan zijn verbonden. Figuur 3b toont daarom het productierendement van de vrije koeling, waarin enkel het energiegebruik van de desbetreffende pompen is vervat. De waarden zijn over het algemeen zeer hoog, tot bijna 20. Maar hier is wel een zeer duidelijke stijgende trend waarneembaar naarmate de warmtebalansratio, en dus de koelvraag, stijgt. Deze curve is het gevolg van de lagere deellasten tijdens maanden met lagere warmtebalansratio. Om excessief aan- en uitschakelen van de pomp en de daarmee gepaard gaande slijtage te vermijden, dient de vrije koeling steeds minimaal 30 minuten in werking te zijn. De overbodige fractie van deze 30 minuten dat de pomp draait, stijgt bij lagere koelvraag, waardoor het gemiddelde rendement daalt.

### Opslagrendement

De opslagvaten zijn relatief beperkt (1.000 liter) en goed geïsoleerd (9 cm PUR), waardoor het energieverlies beperkt is. Bovendien zorgt de regeling van de betonkernactivering voor een spreiding van de warmte- en koudevraag over de tijd, wat stilstandverliezen minimaliseert. Het maandelijks opslagrendement, berekend als 1 min de verhouding tussen de warmteverliezen (winsten bij koeling) en de



-Figuur 4a- Maandelijks systeemrendement verwarming



-Figuur 4b- Maandelijks systeemrendement koeling

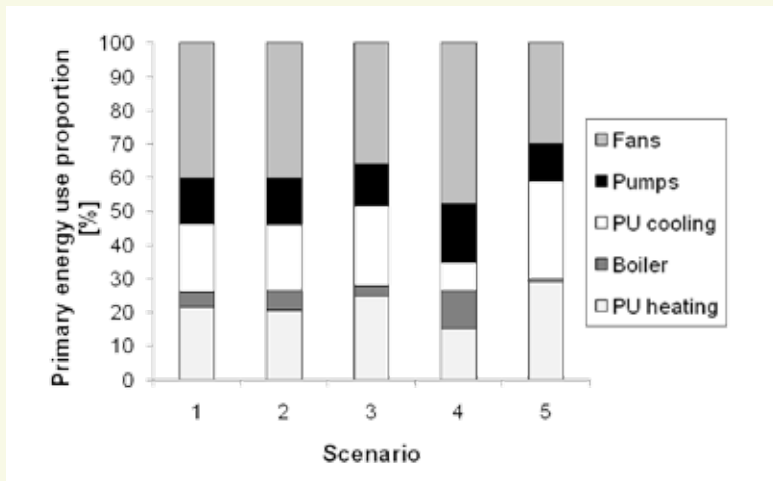
energie gevoed aan de tank, ligt voor zowel koeling als verwarming tussen de 97% en de 100%.

### Systeemrendement

Het systeemrendement is gedefinieerd als de verhouding tussen de netto energiebehoefte in de ruimte en het bruto energiegebruik. Dit laatste is in dit geval gelijk aan de energie onttrokken aan de opslagvaten. Leidingverliezen, imperfecte regeling en afgifteverliezen zijn dus vervat in deze definitie. Een bijkomende simulatie van de netto energiebehoefte dient uitgevoerd te worden om het systeemrendement te berekenen. Het systeemrendement voor verwarming wordt getoond in figuur 4a. Twee vaststellingen kunnen meteen gemaakt worden: het systeemrendement is voor alle gevallen betrekkelijk laag en een duidelijk dalende trend bij stijgende warmtebalansra-

tios tekent zicht af. De grote thermische massa van betonkernactivering maakt regeling ervan moeilijk. Typisch wordt een temperatuurprofiel bereikt dat lichtjes stijgt gedurende de dag, wat maakt dat, om onderkoeling 's ochtends te vermijden, een groot deel van de dag 'oververwarmd' wordt. Dit effect wordt sterker tijdens maanden met hogere warmtebalansratio's en dus lagere warmtevragen.

Deze twee vaststellingen kunnen, mutatis mutandis, eveneens voor het systeemrendement voor koeling worden gedaan (figuur 4b). Echter, er worden, tegen de verwachting in, ook datapunten gevonden met een hoger systeemrendement bij lagere warmtebalansratio's. Dit is een gevolg van de steeds moeilijke vergelijking tussen het geïdealiseerde temperatuurprofiel dat wordt opgelegd bij berekening van de netto behoefte en de werkelijke binnentemperaturen. Immers, omdat het hele



-Figuur 5- Overzicht van het primair energiegebruik voor vijf sets randvoorwaarden

gebouw steeds in verwarmings- of koelmodus is, ligt het inschakelpunt voor koeling redelijk hoog, om onderkoeling in bepaalde zones te vermijden. De berekende koelvraag wordt dus in sommige zones niet steeds ingewilligd, wat leidt tot artificieel hoge systeemrendementen.

#### Overzicht energiegebruik

Tenslotte kan op basis van de simulatieresultaten een overzicht gemaakt worden van de belangrijkste posten van energiegebruik die verband houden met de technische installatie. De resultaten voor de vijf sets randvoorwaar-

den, zijn samengevat in figuur 5, uitgedrukt in percentage primair energiegebruik. Hieruit kunnen drie besluiten getrokken worden: het hulpenergiegebruik (pompen en ventilatoren) speelt een grote rol in zo'n lage energie gebouw, het energiegebruik van de back-up ketel kan niet verwaarloosd worden en de jaarlijkse balans tussen koeling en verwarming kan behoorlijk fluctueren.

#### CONCLUSIE

Het systeemrendement van de betonkernactivering bleek betrekkelijk laag door de moeilijke

regeling van dit zeer traag reagerend systeem. Dit betekent dat er op gebied van regeling nog efficiëntiewinst te boeken valt voor betonkernactivering. Onderzoek naar meer geavanceerde regelsystemen is logischerwijs één van de huidige speerpunten. Toch zal het uiteindelijke energiegebruik voor verwarming en koeling van een Geotabs-gebouw nog altijd beperkt zijn, door de hoge productierendementen van zowel de grondgekoppelde warmtepomp als de vrije koeling. Wel is het belangrijk om de focus van installatieanalyse breder te maken dan enkel koeling en verwarming in lage energie gebouwen als deze, omdat het hulpenergiegebruik relatief gezien een grote portie van het totale primair energiegebruik vertegenwoordigt.

#### DANKWOORD

De auteurs bedanken het Instituut voor de Aanmoediging van Innovatie door Wetenschap en Technologie in Vlaanderen (IWT-Vlaanderen) voor de financiële steun in het kader van het EraSME – Geotabs-project (100403). Voorts willen we graag onze appreciatie en dank uitdrukken voor de constructieve samenwerking met het bedrijf Airdeck voor deze gevalstudie.

# Uw water, onze zorg!

## LUBRON

WATERBEHANDELING

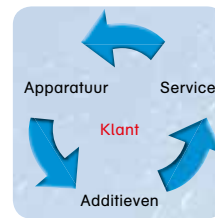
Al ruim 30 jaar is Lubron dé specialist in waterbehandeling. Met hedendaagse technieken ontwikkelen wij voor iedere specifieke toepassing een optimale oplossing.

Onze werkwijze is een goed samenspel tussen apparatuur, additieven en service. Daarmee zijn wij uniek, want wij:

- ontwikkelen en maken zelf apparatuur op maat voor uw toepassing;
- formuleren zelf de additieven voor een optimale conditionering;
- hebben zelf ons eigen serviceteam dat uw installatie 24 uur per dag en in heel Nederland in optima forma kan houden. Dat geeft zekerheid.

Lubron heeft de kennis en de middelen om voor u vrijblijvend systeemscans uit te voeren voor bestaande of nieuwe te realiseren systemen. Daarmee krijgt u een goed beeld of het systeem (nog) voldoet aan de huidige regelgeving en de laatste stand der techniek.

Uw eerste stap: [www.lubron.eu](http://www.lubron.eu)



Lubron Waterbehandeling B.V.  
 Mechelaarstraat 38  
 4903 RE Oosterhout  
 Tel 0162 426931  
 Fax 0162 459192  
[www.lubron.eu](http://www.lubron.eu)