

IEA EBC ANNEX 66: DEFINITION AND SIMULATION OF OCCUPANT BEHAVIOR IN BUILDINGS

OP WEG NAAR EEN BETER INZICHT IN DE ROL VAN GEBRUIKERSGEDRAG BIJ WERKELIJKE ENERGIEPRESTATIES

De afgelopen jaren zijn er vele studies uitgevoerd over het ‘werkelijke’ energiegebruik in gebouwen versus het door berekeningen of modellen voorspelde energiegebruik. Uit combinaties van kwantitatieve metingen, monitoren en kwalitatieve interviews blijkt hoe verschillend gebruikersgedrag in identieke gebouwen en woningen kan leiden tot zeer grote spreidingen in energiegebruik. Bovendien blijkt het verschil (de ‘performance gap’) toe te nemen tussen het voorspelde en het werkelijke energiegebruik met toenemende energiezuinigheid. Zowel voor nieuw te bouwen gebouwen als ook voor renovatieprojecten gaan de energieprestaties richting (bijna) energieneutraal. Omdat hierbij steeds vaker in allerlei vormen prestatiegaranties worden afgegeven, is het van belang om deze verschillen goed te kunnen begrijpen, te verklaren en te beheersen. IEA Annex 66 ‘Definition and Simulation of Occupant Behavior in Buildings’ probeert hier een antwoord op te geven.



ir. P.J.M. (Peter) Op 't Veld, Huygen Ingenieurs & Adviseurs, Maastricht



ir. A. (Ad) van der Aa, ABT, Delft

INLEIDING

Vanuit de eerdere studie IEA EBC Annex 53 ‘Total Energy Use in Buildings: Analysis & Evaluation Methods’ (2013) is aangetoond dat er in energiezuinige woningen in feite drie hoofdoorzaken zijn voor het verschil tussen het voorspelde (berekende) energiegebruik en het werkelijke (gemeten) energiegebruik:

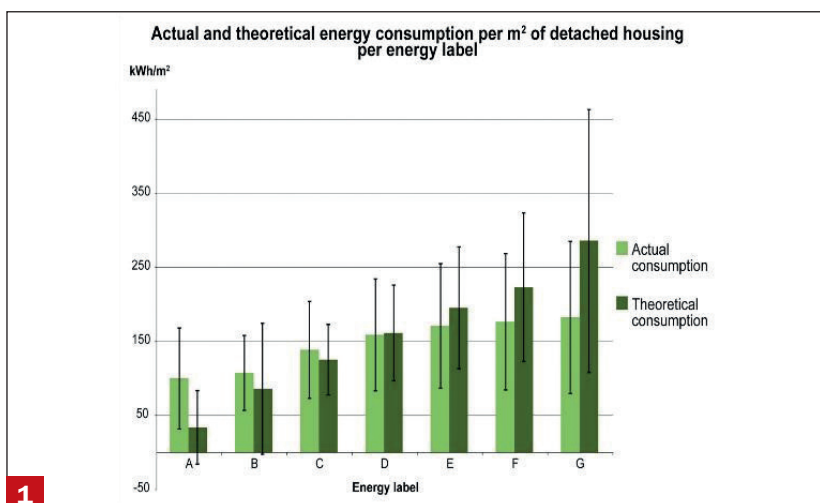
1. De menselijke factor, gebruikersgedrag: verantwoordelijk voor 80% van het verschil.
2. De klimaatfactor: verantwoordelijk voor 15% van het verschil.
3. Gebouw en installatie intrinsieke factoren: verantwoordelijk voor 5% van het verschil.

Het energie gerelateerd gebruikersgedrag is daarmee, zeker in woningen, een van de belangrijkste factoren

geworden die het uiteindelijke energiegebruik bepalen. Daarom is het van belang om juist de invloed van bewonersgedrag fundamenteel te begrijpen om daarmee ook tot optimalisering van het ontwerp te komen, energie diagnostiek, en de werkelijke prestaties van gebouw en installaties te kunnen analyseren. Daarnaast heeft het gebruikersgedrag niet alleen een grote invloed op het werkelijke energiegebruik maar ook op de kwaliteit van het binnenmilieu in gebouwen. IEA EBC Annex 66 ‘Definition and Simulation of Occupant Behavior in Buildings’ richt zich dan ook specifiek op het beter definiëren, begrijpen en simuleren van het bewoners-/gebruikersgedrag in gebouwen en de invloed die dit heeft op de energieprestatie en het binnenmilieu. Daarnaast wordt, vanuit de Nederlandse context, in een tweetal TKI-EnergGO projecten (TRECO-home en TRECO-office) onderzocht op welke wijze de opgedane kennis in de praktijk kan worden geïmplementeerd. Dit betreft vooral de toepassing in markt gerelateerde ontwikkelingen, zoals energiemonitoring, energievoorspellingsmodellen en toepassing waarbij een beter begrijpen van de werkelijke energieprestatie van gebouwen een rol speelt en, in de nabije toekomst, ook gerelateerde energie- en informatiediensten.

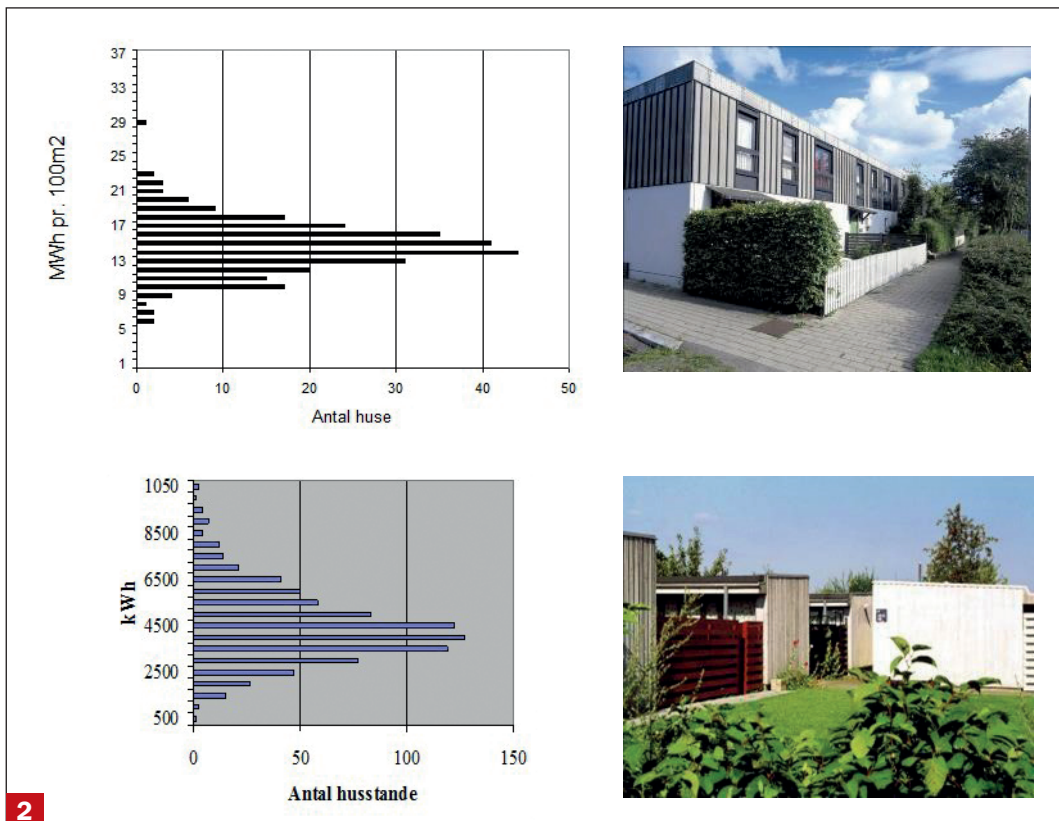
WERKELIJK ENERGIEGEBRUIK VERSUS VOORSPELD ENERGIEGEBRUIK

De afgelopen jaren zijn er vele studies uitgevoerd over het ‘werkelijke’ energiegebruik in gebouwen versus het door berekeningen of modellen voorspelde energiegebruik, met name in woningen. Uit grote hoeveelheden metingen van het energiegebruik, in combinatie met gebruikers interviews blijkt hoe verschillend gebruikersgedrag in identieke huizen kan leiden tot zeer grote spreidingen in energiegebruik, tot zeker een factor 10. Dit verschil blijkt significant toe te nemen naar mate de (voorspelde) ener-



1

Voorspelde energiegebruik ten opzichte van het werkelijke energiegebruik bij verschillende energielabels (bron: H2020 PROF/TRAC, RHeiselberg, AAU Denemarken)



2 Spreiding in energiegebruiken in twee Deense NZEB projecten (bron: K.G. Hansen, SBI, AAU, Denemarken)

gieprestaties beter worden. In figuur 1 is weergegeven hoe het voorspelde energiegebruik zich verhoudt ten opzichte van het werkelijke energiegebruik bij verschillende energielabels. Als voorbeeld van de optredende spreidingen zijn metingen aan twee zeer energie-efciënte woningbouwprojecten uit Denemarken en een passiefhuis project in Almere weergegeven in figuur 2 en 3.

Nu zowel voor nieuw te bouwen gebouwen als ook voor renovatieprojecten de energieprestaties richting (bijna) energieneutraal gaan, is het van belang om deze verschillen te kunnen begrijpen. Er is dan ook afgelopen jaren veel onderzoek gedaan om dit verschil tussen voorspelde en werkelijke energieprestaties te kunnen verklaren en hoe dit verschil te verkleinen. Het grootste deel van het huidige onderzoek op dit gebied wordt gedreven in de richting van ‘nauwkeuriger’ berekenen en voorspellen. Echter, deze voorspellingen zijn bijna aan hun grenzen van nauwkeurigheid en validatie waarbij het bewonersgedrag steeds dominanter wordt. Dat is de reden waarom er in de afgelopen 20 jaar geen zichtbare verbetering heeft plaatsgevonden van de nauwkeurigheid van voorspellingen (berekenen en modelleren) en de prestatiekloof nog steeds bestaat. Omdat bovendien het energiegebruik van nieuwbouw is gedaald van ongeveer 200 tot 50 kWh/m²/jaar, neemt de relatieve fout toe maar tegelijkertijd wordt het absolute verschil kleiner.

De knelpunten die nu nog moeten worden opgelost en aangepakt zijn voornamelijk:

- schatting van energiegebruik en energieprestaties op basis van patronen en patroonherkenning (met inbreng vanuit een antropologische achtergrond);
- een raming van energiegebruik en energieprestaties met een kansverdeling (niet als een exacte waarde) als variatie op deze patronen;

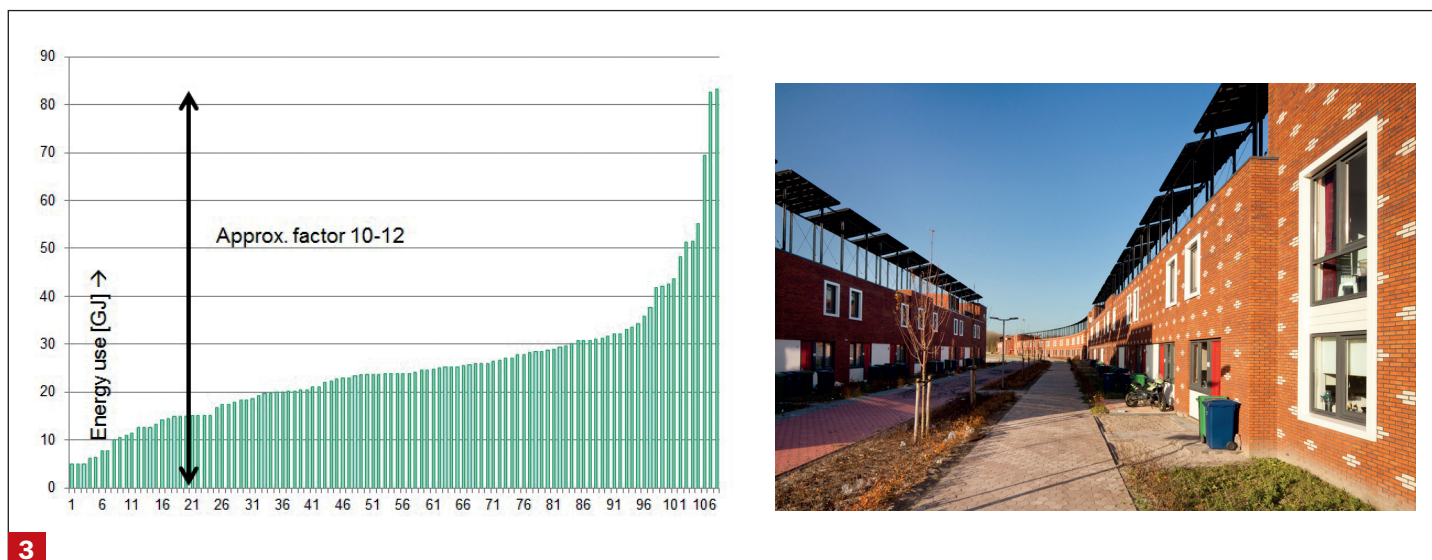
- meting van de intrinsieke prestaties van het gebouw (dat wil zeggen van de gebouwomhulling en de installaties/systemen) met een onderscheid naar de invloedsfactoren vanuit (micro)klimaat, bewonersgedrag en puur de gebouw-intrinsieke prestaties.

IEA ANNEX 66 EN DE NEDERLANDSE TKI TRECO PROJECTEN

De invloed van bewoners en gebruikersgedrag wordt (tot op heden) veelal niet of nauwelijks en vaak ongenueanceerd meegenomen in het ontwerp, de bouw of renovatie en de exploitatie van gebouwen. Het probleem is dat dit gedrag complex, stochastisch en multidisciplinair is. De doelstelling van Annex 66 is om een fundamenteel begrip van bewonersgedrag te krijgen. Door een beter begrip van gebruikersgedrag kan het modelleren en kwantificeren van de impact ervan op het uiteindelijke energiegebruik van gebouwen worden verbeterd. Er kan echter ook inzicht worden verkregen of een verschil tussen voorspeld en gemeten energiegebruik nu feitelijk wel of niet van belang is. Hoewel er veel studies bestaan naar bewonersgedrag, vooral vanuit het perspectief van de sociologie, is er nog steeds een gebrek aan een diepgaande kwantitatieve analyse die hier voldoende inzicht in geeft. Annex 66 beoogt een consensus in een gemeenschappelijke begrip van gebruikersgedrag, in richtlijnen voor goede en zinvolle praktijkmetingen en in methodologieën voor het modelleren.

Annex 66 bouwt hiermee voort op de eerdere studies die gedaan zijn in de Annex 53 ‘Total Energy Use in Buildings: Analysis and Evaluation Methods’ (2013). In Annex 53 is voor het eerst fundamenteel gekeken naar het begrijpen van het werkelijke energiegebruik en alle daarmee samenhangende factoren. Er is hiermee een belangrijke stap gezet naar het dichten van de kloof tussen voorspeld en werke-





Verdeling energiegebruik in 106 passiehuizen Almere (bron: RVO en Huygen IA)

Influencing parameters of OB in offices		
	Central climate control	Individual climate control
Open plan office	• Presence of people • Equipment	• Presence of people • Equipment • Individual lighting • Openable windows?
Cellular offices	• Presence of people • Equipment • Openable windows • Internal shading	• Presence of people • Equipment • Individual lighting • Temperature setpoints • Openable windows

Invloedsparameters voor bewonersgedrag in kantoorgebouwen

lijk energiegebruik. Ook de meest complexe factor, de invloed van het bewoners, ofwel gebruikersgedrag, komt in Annex 53 aan bod. Dit heeft geleid tot een uitgebreide literatuurstudie en analyse ten aanzien van het gebruikersgedrag in woningen, waarvan een eindrapport beschikbaar is onder de titel "Occupant behavior en modeling". Hierbij is een eerste aanzet gedaan voor het beter begrijpen van gebruikersgedrag in relatie tot het energiegebruik, specifiek in woningen. Annex 66 gaat hier dieper op in, onder meer de wijze hoe dit te modelleren en te implementeren in simulaties en energiegebruik berekeningsmethoden, de wijze waarop gebruikersgedrag getraceerd en gemonitord kan worden in gebouwen en op welke wijze informatie en terugkoppeling naar de gebruiker moet plaatsvinden.

In Annex 66 vindt een intensieve samenwerking plaats met de twee TKI TRECO projecten. In TRECO worden onder andere methodes ontwikkeld waarin voorspeld gebruik en gemeten gebruik worden vergeleken in een analytisch 'fittingproces' binnen een gesloten cyclus van voorspellen, monitoren, vergelijken, handelen, zelfregulerend/lerend als mede faalgedrag analyses van grote

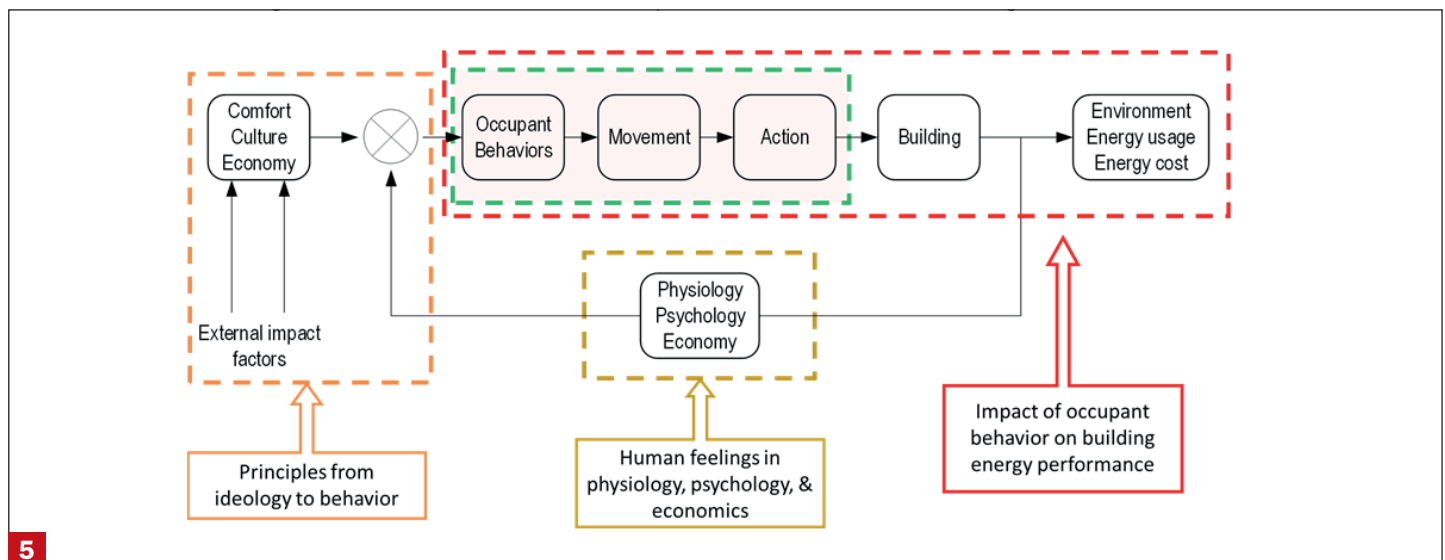
gebouwen. Door de samenwerking met deze twee TKI projecten is Nederland dan ook sterk vertegenwoordigd in Annex 66 door de TU Eindhoven, Universiteit Maastricht en de adviesbureaus ABT en Huygen.

Zowel in IEA Annex 66 als de twee TKI TRECO projecten wordt de oplossing voor het begrijpen (en verkleinen) van de 'energieprestatiekloof' niet zozeer gezocht bij het maken van meer nauwkeuriger en betere voorspellingen, maar vooral in een duidelijke omschrijving van gedragspatronen vanuit specifieke gevallen. Dit geeft dan vervolgens weer aan wat nu eigenlijk de gewenste of vereiste nauwkeurigheid is voor verdere monitoring en validatie. Vanuit de TKI TRECO projecten wordt bovendien nu steeds duidelijker wat de meest zinvolle parameters zijn om te monitoren alsmede de gewenste nauwkeurigheid. Een tweede belangrijke stap die eveneens in TRECO is gestart, is het ontwikkelen van databases voor statistische informatie over het energiegebruik.

BENADERING VAN BEWONERSGEDRAG BIJ HET WERKELIJKE ENERGIEGEBRUIK IN IEA ANNEX 66

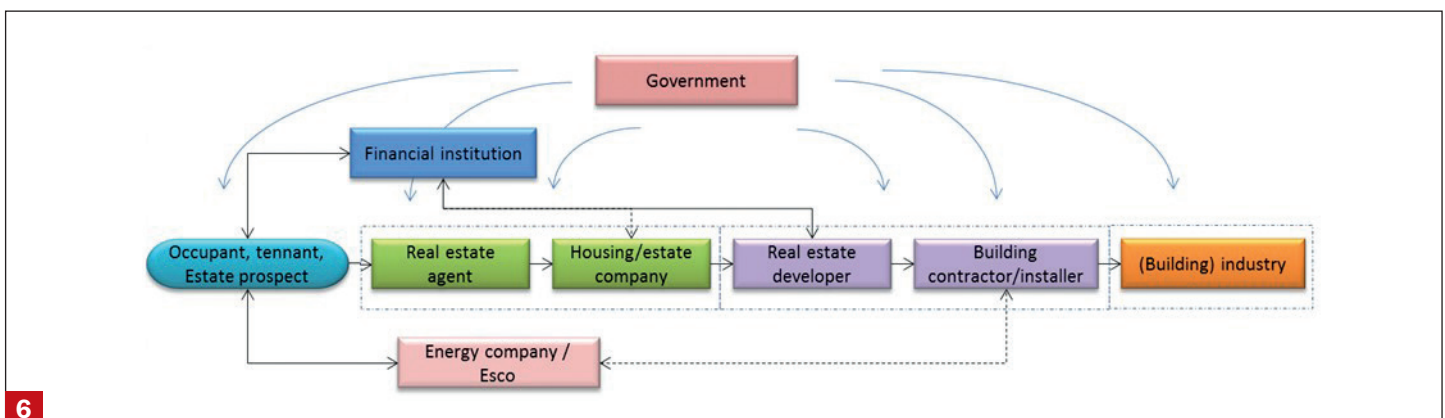
Dat het beter begrijpen van het gebruikersgedrag in gebouwen niet alleen in Nederland maar ook daar buiten een onderwerp is dat in de belangstelling staat, mag blijken uit de grote en brede vertegenwoordiging van maar liefst 22 landen en circa 50 deelnemers in deze Annex. Sinds de jaren '70 is wereldwijd het verbeteren van de energiezuinigheid van gebouwen opgepakt als een "technisch" vraagstuk. Deze wijze van benaderen heeft ook daadwerkelijk geleid tot grote stappen in het energiezuiniger maken van gebouwen. Inmiddels zijn we echter op een punt beland dat het gebruikersgedrag in een groot aantal gebouwen veruit de meest bepalende factor is voor het energiegebruik. Tijd om dit nader in kaart te brengen en te onderzoeken.

Bewonersgedrag in gebouwen kan worden benaderd vanuit tal van verschillende gezichtspunten, bijvoorbeeld vanuit sociale wetenschappen, antropologie, biologische wetenschappen, psychologische wetenschappen, economie, etc. Al deze verschillende invalshoeken hebben een eigen benadering van bewonersgedrag en geven ook verschillende, vaak complementerende inzichten op in de relatie tussen



5

Schematische opbouw van IEA Annex 66



6

Overzicht stakeholders en actoren met een belang bij kennis over het werkelijke energiegebruik

gebruikersgedrag en energiegebruik in gebouwen. Daarom is een duidelijke definitie nodig wat nu eigenlijk onder gebruikersgedrag vanuit het specifieke domein van de techniek om te komen tot energiebesparing wordt verstaan en welke rol dit speelt in het energiegebruik.

Bij het energetisch ontwerpen en optimaliseren van gebouwen is men in de eerste plaats geïnteresseerd in de invloed die gebruikers/bewoners kunnen hebben op het energiegebruik van het gebouw en hoe gebruikers/bewoners door bepaalde activiteiten en handelingen het energiegebruik kunnen beïnvloeden. Vooral vanuit een antropologisch perspectief (eerder dan vanuit sociale wetenschappen) kunnen interessante aanknopingspunten in gebruikspatronen worden gevonden. Dit brengt ons tot de volgende definitie van bewonersgedrag in gebouwen ten aanzien van het energiegebruik: Bewonersgedrag in gebouwen kan beschouwd worden als “alle bewoner/gebruiker gerelateerde acties en handelingen die van invloed kunnen zijn op het energiegebruik in een gebouw”.

GEbruikersGEDRAG IN GEBOUWEN

Vanuit IEA Annex 53 is de aandacht voor het gebruikersgedrag in gebouwen voornamelijk uitgegaan naar woningen. Inmiddels is voldoende duidelijk dat de impact van het bewonersgedrag op het totale energiegebruik zeer groot kan zijn. Specifiek voor de woningbouw is een aantal bewonersprofielen ontwikkeld die een beeld geven van de

mate van invloed die bewoners kunnen hebben bijvoorbeeld vanuit gezinsopbouw, leeftijd, sociale en demografische kenmerken, etc. Deze profielen kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt bij energie prestatiegaranties bij Nul-op-de-Meter woningen waarbij voor individuele huishoudens op basis van hun specifieke profiel een nauwkeuriger te verwachten energiegebruik kan worden voorspeld.

Voor andere typen gebouwen is deze impact niet per definitie even groot. Enerzijds is de autonomie van de gebruiker om zelfstandig het energiegebruik te beïnvloeden veelal beperkt (bijvoorbeeld bij het openen van een raam moet in ruimten met meerdere gebruikers rekening gehouden worden met de comfortwensen van de overige aanwezigen). Anderzijds wordt de klimaatregeling in niet-woongebouwen meestal aangestuurd vanuit een centraal gebouwbeheerssysteem (GBS), waarbij door de gebruiker geen enkele invloed kan worden uitgeoefend. In de matrix in figuur 4 is hiervoor een eerste aanzet gegeven. Over de interacties en relaties met de gebruiker in dergelijke gebouwen is echter nog relatief weinig bekend. Dit zal de komende tijd verder worden onderzocht op basis van monitoring en modelonderzoek.

OPBOUW VAN ANNEX 66

Annex 66 is opgebouwd uit de volgende subtasks:

- *Subtask A: Occupant movement and presence models in buildings.* Dit betreft het simuleren van bewegingen en de aanwezigheid van gebruikers in gebouwen.





Example case 1. Social housing company wants to renovate its property

A social housing company has plans to improve the energy performance of an area of buildings. In return for the investment cost and the reduction of the energy costs they want to raise the rental fee. This in most cases leads to a large discussion between property providers and property renters and blocks the renovation.

Communication on real energy performances as well as energy contracting (or so called 0 metered energy contracts) based on reliable predictions using real household profiles can avoid these discussions and gain the acceptance by tenants. The main problem in this case is that the building may consume more than predicted and the question is: does this consumption comes from the quality of the renovation, or from the user behaviour, or from weather (the last one is the easiest to correct).



Example case 2. A property developer wants to develop an extra energy friendly building and needs financial funding

A property developer has the intention to develop or renovate a zero-energy building but is seeking financial investors. The investors are, in principle, willing to participate, but are confronted time after time with the most promising ideas and plans, but also have the experience that afterwards in practice these promising plans do not come to reality. Therefore investors are restrained in investing in energy saving opportunities. The problem is that the contracts are made not on the energy saved but on the energy use. An objective measure of savings is needed.



Example case 3. Industry wants to develop a new energy saving appliance

An industry sees opportunities to develop new energy saving products and is looking for market and business strategies to sell and promote this new product. The benefit for energy saving appliances is based on the EPBD and in the market it is translated into EPR-points. The better the Energy Performance score is (based on artificial figures or laboratory measurements) the better the market position of the product is. The real performance in daily practice is no longer an issue. This industry wants to gain benefit from the real performance of its development, but lacks the valid instruments for its market introduction. Therefore an objective measurement of savings is needed.



Example case 4. Energy company wants to control the electric gains over the energy infrastructure by balancing demand and production by peak-shaving

The energy supply systems need to be sized for the maximum peak. Therefore, reducing the peaks implies less investment and better efficiency. Another problem is the energy storage or production reduction during low consumption or high local production. Therefore, anticipating and controlling the energy demand become key issues in energy delivery. In order to manage the production, short-term (i.e. quarterly/hourly to one day) energy use (and local production) prediction for large stock of buildings is needed.

	Small	Medium	Large
Building + instal.	single	multiple	urban / region
Occupant	single	group	population
Weather	micro	urban	region
Time	hour	month	year

- Subtask E: Applications in building design and operations. Hierin wordt in een aantal case studies de toepassing van de nieuwe bewonersgedrag definities en modellen gedemonstreerd. De modellen zullen worden gebruikt door onder andere ontwerpers, energiedeskundigen/-beoordelaars en netbeheerders. Er wordt een beoordelingsmethode voor gebruikersgedrag ontwikkeld om de impact van dit gedrag op het gebouwontwerp en de bedrijfsvoering te illustreren. Tevens wordt in een aantal case studies aangetoond hoe de software modules, ontwikkeld in subtask D, gebruikt kunnen worden.

In figuur 5 wordt een overzicht van de relaties tussen gebruikers en gebouwen gegeven zoals dat in Annex 66 wordt gehanteerd.

VANUIT IEA ANNEX 66 NAAR EEN MARKTGERICHTE BENADERING

Ook bij onderzoek dient altijd voor ogen gehouden te worden welk doel beoogd wordt. Vooral vanuit de Nederlandse partners is op het belang gewezen hiervoor vanuit zakelijke en marktgerichte doelstellingen van de eindgebruikers, eigenaren en beheerders van gebouwen een benadering op te stellen. Centraal staat daarbij de vraag: “Wie heeft er welk probleem en wat gaan wij met het onderzoek oplossen?”. In TRECO-home en TRECO-office worden de resultaten van Annex 66 op deze wijze verder geïmplementeerd en vertaald naar nieuwe methoden en instrumenten. Dit begint met inzicht in de verschillende stakeholders en de belangen die deze al dan niet hebben bij het begrijpen en oplossen van de kloof tussen het voorspelde en het werkelijke energieverbruik. In figuur 6 is een overzicht gegeven van de verschillende stakeholders en actoren die betrokken zijn bij deze problematiek.

Invloedsfactoren werkelijke energiegebruik binnen hun schaal

- Subtasks B: Occupant action models in residential buildings
- en C: Occupant action models in commercial buildings. Vanuit eerdere studies is gebleken dat het ontbreekt aan consistentie in experimenteel ontwerp en goede betrouwbare data voor modelleringsmethodes en de beschikbaarheid van algoritmes. De (samengevoegde) subtasks B en C beogen dit nu op een coherente wijze te integreren.
- Subtask D: Integration of occupant behavior models with BEM programs. Hierin worden applicaties en software ontwikkeld en geïntegreerd in gebouwbeheersystemen.

Vanuit dit overzicht van de verschillende stakeholders en actoren is een analyse gemaakt naar de betekenis, de consequenties en de impact die het verschil in berekende en gemeten prestaties op deze groepen kan hebben. De belangrijkste constatering is dat het belang en de betekenis in grote mate kunnen verschillen en onder andere afhankelijk zijn van bijvoorbeeld:

- de beschouwde schaal: gebouw, blok, wijk, district, stad;
- het doel: energieprestatiecontracten (zoals nul-op-de-meter contracten), energiediensten, gebouwbeheer, net-beheer;
- de marktsectoren: projectontwikkeling, verhuurders, energiebedrijven.

TOEPASSINGEN IN NEDERLAND

Inmiddels worden de resultaten van Annex 66 via de TRECO projecten in Nederland toegepast, bijvoorbeeld in de monitoring van de energieprestaties van Nul-op-de-Meter woningen. Dit betreft bijvoorbeeld de wijze waarop tot een zo efficiënt en kosteneffectief mogelijke dataverzameling en verwerking kan worden gekomen en hoe tot een verantwoorde datareductie kan worden gekomen om binnen een toelaatbare marge tot een bruikbare en voldoende nauwkeurige hoeveelheid data/parameters te komen. In figuur 8 is de principe opzet gegeven van de wijze waarop op kosteneffectieve wijze prestatievoorwaarden worden vastgesteld in TRECO.

De essentie is het uitvoeren van simulaties aan de hand van de monitoringdata. De vergelijking van deze simulatieresultaten met actuele verbruiksgegevens geeft inzicht in de prestaties van opwekkers, energiedistributie en de energievraag op basis van werkelijk gebruikersgedrag. Aan de hand van dit inzicht kunnen prestatievoorwaarden worden gedefinieerd en overeengekomen tussen aanbieders van energiediensten en gebouw eigenaren.

Op het gebied van kantoren wordt nu een uitgebreid praktijkonderzoek uitgevoerd naar een combinatie van geavanceerde simulatiemodellen en monitoringssystemen die gericht faalgedrag in een kantoor detecteren. Deze praktijk-

proef vindt plaats in het kantoor van ABT en DEMO consultants (beide deelnemers in TRECO-office). De eerste resultaten worden na het stookseizoen 2016/2017 verwacht.

VERVOLG INITIATIEVEN

Inmiddels hebben Annex 66 en de twee TRECO projecten geleid tot een nieuw voorstel binnen H2020 genaamd “MOBISTYLE: Motivating end-users Behavioral change by combined ICT based tools and modular Information services on energy use, indoor environment, health and life-style”. Dit voorstel is ingediend onder de call EE07-2016 ‘Behavioural change toward energy efficiency through ICT’. Dit voorstel is inmiddels positief geëvalueerd en zal naar verwachting in oktober van start gaan. Het project is geïnitieerd en geschreven door een aantal Nederlandse partijen die ook in de TRECO projecten deelnemen, te weten Huygen Ingenieurs & Adviseurs (coördinator), DEMO consultants en Universiteit Maastricht. Doelstelling van MOBISTYLE is om de grote hoeveelheden data die bij gebouwmonitoring beschikbaar komen begrijpelijk en toegankelijk te maken voor de verschillende eindgebruikers. Dit op een attractieve en zinvolle manier zodat de informatie ook dagelijks gebruikt kan en zal worden. Een van de manieren om dit te bereiken is door het aanbieden van modulaire gecombineerde informatiediensten, niet alleen over energiegebruik maar ook over het binnenmilieu, persoonlijke gezondheid en levensstijl in relatie tot energiegebruik en gedrag. Hierbij wordt gebruik gemaakt van informatie van aanwezige gebouwbeheersystemen, slimme huishoudelijke apparatuur, goedkope dataloggers en sensoren (zoals raspberry pi's) en wearables.

MOBISTYLE is daarmee in feite een logisch vervolg op de kennis die we hebben opgedaan in Annex 66 en de TRECO-home en TRECO-office projecten. De dataverzameling en modulaire informatiediensten worden uitgetest in een aantal interessante proefprojecten. Voor Nederland is dat Mosae Vita in Maastricht; daarnaast het gebouwencomplex van de University of Ljubljana, een compleet district met energielevering in de Poolse stad Wroclaw, een hotel in Turijn en een te renoveren woonwijk in Aalborg, Denemarken. ■

