

# Woningontwerp met energie- en comfortadvies

*In de Nederlandse woningbouwindustrie wordt nog relatief weinig aandacht besteed aan energiezuinig en duurzaam bouwen. Men durft vaak niet verder te gaan dan de minimaal voorgeschreven eisen in de bouwregelgeving. Hierdoor beseffen nog maar weinig mensen dat deze bouwwijze veel voordelen heeft zoals milieu-besparing, een lagere energierekening en een gezonde en comfortabele woning. Het is daarom van belang de mensen te wijzen op de voordelen van energiezuinig en duurzaam bouwen, bijvoorbeeld gedurende koop- of ontwerpfase. Deze laatste fase zal door de (langzame) verschuiving van de bouwmarkt van massa- naar consumentgericht bouwen een grote rol kunnen spelen. Consumentgericht bouwen betekent dat de consument steeds meer invloed krijgt op de indeling, vorm en voorzieningen in zijn toekomstige woning. Hierbij kan worden gedacht aan (meer) inspraak in het ontwerpproces, tot het zelfstandig ontwerpen van je toekomstige huis. Door de architect, adviseur en/of consument tijdens het ontwerp de consequenties van de ontwerpkeuzes op energiegebruik, comfort en gezondheid te laten zien, is de kans groot dat er meer energiezuinige en duurzame woningen worden gerealiseerd. In dit artikel wordt het afstudeeronderzoek naar de ontwikkeling van ontwerpondersteunende software besproken.*

*- door ir. R.C.P. Vreenegoor\*, prof. dr. ir. J.L.M. Hensen\*\*,  
prof. dr. ir. B. de Vries\*\*, dr. L. Soethout\*\*\*  
en ir. P. Bonsma\*\*\**

**D**e geleidelijke verschuiving van de bouwmarkt naar consumentgericht bouwen, geeft de consument meer inspraak in het ontwerp en gebruik van zijn toekomstige huis, maar betekent veelal ook een hogere kostprijs. Om consumentgericht bouwen toch voor een betaalbare prijs mogelijk te maken in het midden- en kleinsegment, heeft TNO in samenwerking met European Design Centre en Willems van den Brink Architecten het iBuild-concept ontwikkeld. De hiervoor ontwikkelde iBuild-software

ondersteunt de consument in het ontwerpproces van zijn eigen woning met 2D en 3D-visualisaties van de gevel, plattegrondindeling en het interieur. Enkel mooie plaatjes zijn niet voldoende om de consument te helpen bij het ontwerpen van zijn/haar droomhuis. Kosteninformatie en advies op het gebied van energiegebruik, comfortaspecten en gezondheid, kunnen helpen bij het maken van goede ontwerpbeslissingen en daarmee een tegenvalend eindresultaat voorkomen.

## ONTWERPONDERSTEUNENDE SOFTWARE

Naast goede visualisaties van de door de consument ontworpen woning, wil iBuild de consument ondersteunen met o.a. energie- en comfortadvies. Hiervoor werd de oplossing gezocht in een bestaand adviesprogramma, waarmee iBuild kan worden gekoppeld. De door TNO ontwikkelde IWCS-software, wat staat voor Integrale Woon-ComfortScan, is een dergelijk bestaand adviesprogramma. Het doel van dit afstudeeronderzoek bestond uit het ontwikkelen van ontwerp ondersteunende software, via een koppeling tussen iBuild en de IWCS.

## METHODOLOGIE

Om een koppeling tussen iBuild en de IWCS te kunnen realiseren, moesten er globaal gezien twee problemen worden opgelost. Ten eerste is de IWCS in zijn huidige vorm niet direct bruikbaar voor een koppeling met iBuild. Dit komt doordat de berekeningen op het gebied van energie en comfort zijn gericht op de bestaande woningbouw, terwijl met iBuild nieuwbouwwoningen worden ontworpen. Daarnaast vinden de IWCS-berekeningen plaats op gebouwniveau terwijl iBuild gebouw-informatie per vertrek levert. De berekeningen kunnen niet alleen op een kleiner schaalniveau plaatsvinden, maar ook gedetailleerder door de meer gedetailleerde gebouw-informatie uit iBuild. Vandaar dat de berekeningen moesten worden aangepast, om de

\* Afstudeerster Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven, thans werkzaam bij ingenieursburo Ulehake.

\*\* Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven.

\*\*\*TNO Bouw en Ondergrond, Delft.

consument van energie- en comfortadvies te kunnen voorzien gedurende het ontwerpproces.

Het tweede probleem bestond uit het ontwerp en de implementatie van de koppeling tussen iBuild en de IWCS. In het verleden zijn reeds vergelijkbare koppelingen gemaakt tussen ontwerp- en rekensoftware. Maar de koppelingen zijn dan veelal gebaseerd op één achterliggend model, dat beschrijft hoe de data dient te worden opgeslagen. Dit heeft al snel tot gevolg dat het ontwerp- of rekenmodel is aangepast, om in het andere model te kunnen passen. In dit afstudeeronderzoek zijn de modellen separaat gehouden om dit te voorkomen.

### PRESTATIE EISEN

Door een literatuuronderzoek naar de aspecten energie, comfort en gezondheid, is bepaald welke aanpassingen de IWCS-berekeningen nodig zijn om consumenten te kunnen ondersteunen gedurende het ontwerpproces. Het accent in deze studie ligt voornamelijk op de aspecten energie, thermisch comfort en binnenluchtkwaliteit. Er is nagegaan wat een consument wil weten gedurende het ontwerp van zijn toekomstige woning op het gebied van energie, thermisch comfort en luchtkwaliteit. Het energiegebruik wordt van belang geacht. Een consument wil graag weten wat de invloed is van zijn ontwerpbeslissingen op de toekomstige energiekosten. De tegenwoordige bouwwijze en misschien ook wel de opwarming van de aarde dragen bij aan een verhoogde kans op oververhitting in de zomerperiode. Dit benadeelt het thermische comfort (in de zomerperiode) en wordt vandaar van belang geacht voor de consument. Daarnaast is, volgens het Platform Binnenmilieu, tocht in de winterperiode nog één van

de meest voorkomende klachten in een woning. Tot slot wordt de ventilatie- en infiltratiecapaciteit van belang geacht als indicator voor de binnenluchtkwaliteit.

De resultaten van het literatuuronderzoek hebben geleid tot beoordelingscriteria voor de nieuwe IWCS-berekeningen. Zo dienen de berekeningen te zijn gericht op nieuwbouwwoningen. Wordt vertrekniveau als rekenniveau gewenst voor de aspecten, thermisch comfort en luchtkwaliteit. En blijken globale berekeningen voldoende voor ontwerpondersteuning van de consument. Op het gebied van energie wordt een indicatie van de energieprestatie bepaald:

Voor het thermische comfort; de kans op tocht in de winter en oververhitting in de zomer.

Voor de binnenluchtkwaliteit; de ventilatie- en infiltratiecapaciteit.

### ONTWERP EN IMPLEMENTATIE PROTOTYPE

De softwarestructuur van iBuild en de IWCS biedt drie koppelingsmethoden. Een koppeling tussen de Express-schema's van iBuild en de IWCS blijkt hiervan de best uitvoerbare methode. Figuur 1 geeft deze koppelingsmethode meer gedetailleerd weer.

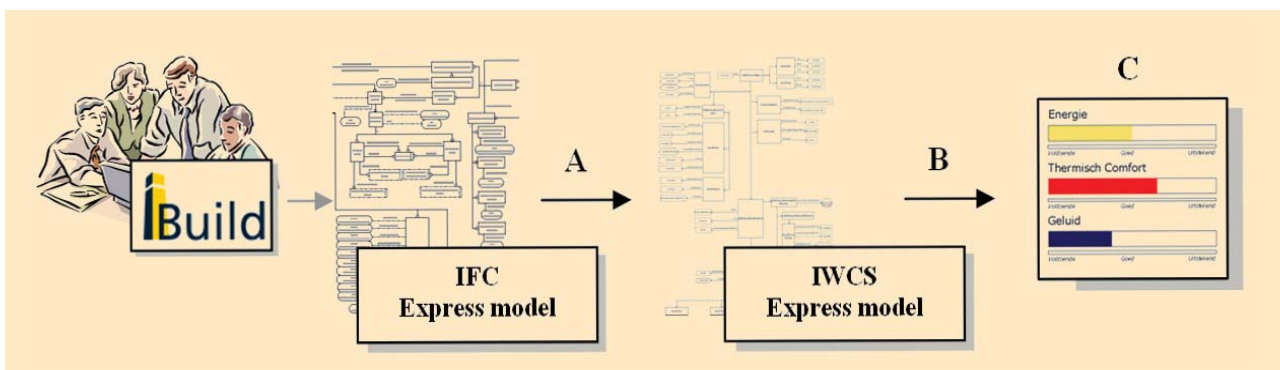
Een Express-schema beschrijft hoe de data dient te worden opgeslagen. In een Express-schema komen entiteiten, attributen en types voor. Een entiteit geeft een definitie van een object, dat eigenschappen en regels bezit. Elke entiteit bezit een unieke naam in het schema en via een sub-superrelatie kunnen eigenschappen worden overgeërfd. De attributen beschrijven de eigenschappen van entiteiten en zijn gedefinieerd met een naam en een type. Een type geeft aan hoe een

eigenschap wordt beschreven. Bijvoorbeeld een entiteit 'gelaagd bouwdeel' bevat de eigenschappen 'warmteweerstand van de constructie' (Rc), 'bestaat uit lagen materiaal' en 'dikte' van het gelaagde bouwdeel. Een gelaagd bouwdeel kan een sub-superrelatie hebben met de entiteiten vloer-, wand- en dakconstructie die de eigenschappen van de entiteit 'gelaagde bouwdeel' overerven.

Het woningontwerp van de consument wordt in iBuild opgeslagen volgens de IFC-standaard. IFC staat voor Industry Foundation Classes en is een standaard die beschrijft hoe gebouwinformatie dient te worden opgeslagen. Deze standaard wordt door een groot aantal tekenprogramma's ondersteund, waardoor het mogelijk is een gebouwontwerp in een ander tekenprogramma te openen en/of aan te passen zonder dat er data verloren gaat.

Figuur 1 laat de stappen zien die zijn genomen om de koppeling tussen iBuild en de IWCS te kunnen maken. Stap A beschrijft de mapping tussen het IFC en IWCS Express-schema. Stap B bestaat uit de koppeling tussen de IWCS-berekeningen en het IWCS Express-schema. En stap C bestaat uit de IWCS-berekeningen. Omdat de iBuild-software nog onvoldoende gereed is om een woningontwerp volgens de IFC-standaard op te slaan, is er gebruik gemaakt van 3D woningontwerp, gemaakt met het tekenprogramma ArchiCAD, die de IFC-standaard ondersteunt. In de toekomst zal een ontwerp, gemaakt met iBuild, volledig volgens de IFC-standaard kunnen worden opgeslagen.

**Stap A:**  
**mapping tussen de Express-modellen**  
De mapping tussen de Express-modellen is gemaakt in de data modelleertaal



**Koppeling tussen iBuild en de IWCS.**

- FIGUUR 1 -



**Kameleon woningen in Eindhoven.**

- FIGUUR 2-

Express-X. De mapping geeft aan welke data uit het IFC-model naar het IWCS-model moet worden gemapt. Het overgrote deel van de informatie kan direct uit het IFC-model naar het IWCS-model worden gemapt, zoals de naam en dikte van een materiaallaag.

**Stap B:**  
**koppeling IWCS Express-model en berekeningen**

Omdat de IWCS-software geen interface bevat om Express-modellen te lezen en schrijven, wordt de EDM(2005)-software en de programmeertaal C gebruikt om informatie, benodigd voor de berekeningen, uit het IWCS-model te halen.

**Stap C:**  
**programmeren nieuwe berekeningen**

De benodigde aanpassingen van de IWCS-berekeningen zijn zo groot dat er is besloten om deze nieuwe berekeningen zelf te programmeren in de programmeertaal C.

**Ontbrekende invoergegevens**

Niet alle informatie benodigd voor de berekeningen blijkt uit het 3D-ontwerp te kunnen worden gehaald, zoals de warmtedoorgangscoefficiënt van een raam en de warmtegeleidingscoëfficiënt van een materiaallaag. De ontbrekende data zullen moeten worden toegevoegd om de berekeningen te kunnen uitvoeren.

**CASES**

Om na te gaan of de ontwikkelde software goed werkt en bruikbaar is voor de consument, is het prototype getest

en toegepast in twee cases. Er is gebruik gemaakt van een testwoning, waarbij van belang zijnde parameters zoals de thermische isolatie, het glasoppervlak en de oriëntatie zijn gevarieerd, om na te gaan of het prototype werkt en de uitkomsten correct zijn (validatie). De cases zijn gebruikt om na te gaan of het prototype bruikbaar is voor de consument en eventueel andere gebruikers zoals een architect of adviseur (utilisatie).

**Case 1:**  
**Kameleon woningen**

Het eerste gerealiseerde iBuild-project, Kameleon genaamd, bevindt zich in Eindhoven. In samenwerking met Woonstichting SWS zijn vijf huurwoningen door de toekomstige bewoners met iBuild ontworpen en ook daadwerkelijk gebouwd (figuur 2).

De Kameleon-woningen verschillen onderling op enkele punten, zoals de indeling van de woning en de grootte en positie van ramen en deuren. Door alle woningen met het prototype door te rekenen, is nagegaan of de kleine onderlinge verschillen van de woningen ook in de uitkomsten zijn te zien. Door het gebruik van over het algemeen globale berekeningen, kunnen de uitkomsten erg dicht bij elkaar komen te liggen.

**Resultaten**

De vijf Kameleon-woningen verschillen voornamelijk in plattegrond, indeling en raamoppervlak. De opbouw van de constructie, oriëntatie en grootte van de woning zijn gelijk.

De uitkomsten van vergelijkbare ruimtes (grootte, positie) uit de vijf Kameleon-woningen verschillen weinig.

**Conclusie**

De uitkomsten worden door het prototype per vertrek gegeven, waardoor het moeilijk is om de huizen goed met elkaar te kunnen vergelijken. Wanneer vergelijkbare vertrekken (grootte en positie) van verschillende woningen met elkaar worden vergeleken, verschillen de uitkomsten weinig. De vraag is of meer gedetailleerde berekeningen deze kleine verschillen in het ontwerp wel zichtbaar kunnen maken, of dat de verschillen zo klein zijn dat het logisch is, weinig verschil in de uitkomsten te zien.

**Case 2:**  
**Reflex**

Circa twee miljoen woningen in Nederland moeten dringend worden gerenoveerd en grondig worden verbeterd. Het door TNO ontwikkelde Reflex-concept heeft als doel: duurzaam renoveren door innovatieve, flexibele en milieuvriendelijke systemen. Naast de ontwikkeling van technische lichtgewicht systemen van hoogwaardige industriële kwaliteit, wil Reflex ook het economische en het maatschappelijke proces van de omvangrijke herstructurering van de woningvoorraad ondersteunen en stimuleren.

Op dit moment worden de eerste ontwerpen gemaakt van een modelwoning om het Reflex-concept in de praktijk te brengen. De architect valt terug op de traditionele houtskeletbouw (hsb)



terwijl andere deelnemende partijen eerder een constructie van isolatiepanelen (Isobouw) als oplossing zien. Ter verduidelijking: een wandconstructie van isolatiepanelen is opgebouwd uit een Iso-bouwpaneel (160 mm,  $R_c = 3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ), luchtsponw en Fermacell HD-plaat. En een hsb-wand is opgebouwd uit houten stijlen met daartussen minerale wol (100 mm) en gipsplaten.

Met het prototype wordt getracht een uitspraak te doen over de voor- en nadelen op het gebied van energie en comfort van de verschillende bouwmethoden (hsb, Iso-bouwpanelen) en de invloed van zonwering op de kans van oververhitting. In dit laatste is Reflex geïnteresseerd omdat een lichte bouwmethode sneller kans op oververhitting kan opleveren.

#### *Resultaten*

Van een ontwerp voor een Reflex optop-module is onderzocht wat de invloed van het type wandopbouw, de grootte van het glasoppervlak, de oriëntatie en de zontoetredingsfactor is op de energie en thermische comfort-scores. Er is gekozen voor een variant met een houtskeletbouw-constructie en een variant met constructies opgebouwd uit iso-bouwpanelen. Er is enkel op het gebied van energie een minimaal verschil tussen de bouwmethoden te ontdekken. Beide constructies (hsb, Iso-bouwpanelen) zorgen voor gelijke uitkomsten voor de kans op oververhitting in de zomerperiode, omdat beide constructies in de berekeningen als 'lichte bouwconstructie' worden gezien. Wanneer het glasoppervlak wordt verdubbeld, wordt de energieprestatie iets slechter. Dit komt doordat de toename van het warmteverlies groter is dan de toename van de warmtewinst. De kans op tocht wordt vergroot wanneer de raamhoogte groter is dan 1,5 meter. Wanneer de oriëntatie wordt veranderd is er in een andere ruimte, dan de uitgangssituatie, kans op oververhitting. Door de zontoetredingsfactor (ZTA) te verlagen wordt als het ware zonwering gesimuleerd. Wanneer de ZTA wordt verlaagd van 0,7 naar 0,35 in de variant met de aangepaste oriëntatie, is er geen kans meer op oververhitting.

#### *Conclusie*

Er is zo goed als geen verschil in de uitkomsten van energie en het thermische comfort, wanneer de houtskelet-

bouw en Iso-bouwpanelen met elkaar worden vergeleken. De energieprestatiewaarden van de andere varianten verschillen maximaal enkele tienden met de uitgangssituatie. Het glasoppervlak, de oriëntatie en zontoetredingsfactor blijken voornamelijk veel invloed te hebben op de kans op oververhitting. Door de grootte van het glasoppervlak per oriëntatie goed te kiezen en eventueel aan te vullen met zonwering, kan de kans op oververhitting worden verminderd.

## **DISCUSSIE**

### *Validatie*

Er is uiteindelijk geen daadwerkelijke koppeling tussen de bestaande iBuild en IWCS-software gemaakt. Ten eerste ondersteunt iBuild het opslaan van het woningontwerp volgens de IFC-standaard nog niet volledig. Hiervoor in de plaats wordt gebruik gemaakt van een volgens de IFC-standaard opgeslagen woningontwerp, gemaakt in de CAD-applicatie ArchiCAD. Ten tweede zijn er onderdelen van de IWCS opnieuw geprogrammeerd.

De ontwikkelde softwarekoppeling tussen een IFC-model en de nieuwe IWCS-onderdelen werkt. Wanneer er een 3D woningontwerp, opgeslagen volgens de IFC-standaard, aan het begin van de koppeling wordt ingevoerd, worden er aan het eind van de koppeling, op het gebied van energie en thermisch comfort, per vertrek resultaten gegenereerd. De koppeling kan alleen nog worden toegepast op ontwerpen met ruimtes met rechthoekige vlakken en een plat dak.

De resultaten van varianten van een testwoning zijn geanalyseerd. Er is gekeken naar de invloed van de installaties, het glasoppervlak, de isolatie van de buitenschil en de oriëntatie op de resultaten van de energie en het thermische comfort. De koppeling genereert over het algemeen de verwachte uitkomsten. Tevens zijn er handberekeningen uitgevoerd om na te gaan of de resultaten van de varianten, gegenereerd door de koppeling, overeenkomen. Dit bleek het geval te zijn.

### *Utilisatie*

Aangezien de ontwikkelde software (in de toekomst) niet alleen kan worden gebruikt om energie, thermisch comfort en luchtkwaliteitscores van een in iBuild ontworpen woning te bepalen, maar dit ook mogelijk is voor een 3D

(IFC) ontwerp, zijn er meerdere gebruikers mogelijk. In de onderstaande tekst wordt voor zowel de consument als een professionele gebruiker, zoals een architect of adviseur, aangegeven of de software nuttig is.

### *Consument*

Met de ontwikkelde software kan de consument direct resultaat zien van de consequenties van de gemaakte ontwerpbeslissingen. De koppeling kan nog geen echte scores genereren, maar geeft op het gebied van energie drie EPC-waarden voor drie typen cv- of warmtepompinstallaties. Voor thermisch comfort geeft de koppeling aan of er kans is op oververhitting en wordt een score voor de kans op tocht gegeven. Het aspect luchtkwaliteit is nog niet geïmplementeerd in de koppeling. De energie-uitkomsten kunnen het beste per woning worden weergegeven i.p.v. per vertrek. Energiescores per vertrek kunnen de consument wellicht in de war brengen. Een woonkamer wordt meer gebruikt en verwarmd dan bijvoorbeeld een slaapkamer. De verschillende energiescores voor deze ruimtes kan de consument ertoe brengen, verkeerde ontwerpbeslissingen te nemen om energie te besparen.

Omdat de uitkomsten de consument nog te weinig informatie geven, zullen deze nog moeten worden vertaald naar een score die op een duidelijke manier zal moeten worden gepresenteerd. Bijvoorbeeld door een score van nul tot vijf, weergegeven in een staafdiagram. De presentatie van de scores aan de iBuild-zijde lijkt de beste keuze, omdat de iBuild-software meer is gericht op de consument dan de IWCS. Op deze manier fungeert de IWCS enkel als rekenkern.

De koppeling kan goed worden gebruikt als ondersteuning bij het ontwerp door de consument. Naast de grootte van de ontwerpaanpassing en de gedetailleerdheid van de berekeningen, is ook de vertaling van de uitkomsten naar scores en de presentatie van de scores, van invloed op de mogelijkheid om de verschillen zichtbaar te maken. In het geval dat de ontwerpverschillen onvoldoende naar voren komen in de uitkomsten, door te globale berekeningen, kan het zijn dat de koppeling minder bruikbaar is. Maar wanneer de uitkomsten van de (kleine) ontwerpverschillen worden opgeblazen in de

weergave van de score, is de kans groot dat de consument niet ter zake doende verschillen gaat gebruiken als ontwerpcriterium.

Tevens is de ontwerpvrijheid die in iBuild door de architect, gemeente en bouwregelgeving aan de consument wordt gegeven van belang. Wanneer de architect bijvoorbeeld de installaties en gevelopbouw van de woning heeft vastgelegd en de consument slechts de indeling van de woning en de positie en grootte van de ramen mag bepalen, zullen de scores bij ontwerpaanpassingen weinig variëren.

De koppeling geeft op het gebied van energie, drie verschillende EPC-waarden voor drie typen cv- of warmtepompinstallaties. Deze drie EPC-waarden verschillen onderling erg weinig (enkele honderdsten). Wanneer de EPC-waarden naar een score worden vertaald, is de kans groot dat de onderlinge verschillen niet zijn te zien. Een andere mogelijkheid is om één score voor energiegebruik weer te geven. Bijvoorbeeld wanneer de consument in iBuild een warmte-opwekkingsinstallatie mag kiezen, om de terugverdientijd van de installatie weer te geven, voor inzicht in de energiebesparing. Hierbij moet worden opgemerkt dat de terugverdientijd wordt bepaald door het werkelijke rendement en energiegebruik en deze zijn erg afhankelijk van de gebruiker. Er zal dus meer informatie van de gebruikers en hun gedrag moeten worden ingewonnen, om een 'realistische' terugverdientijd te kunnen bepalen.

Tot slot kan worden afgevraagd hoe ervoor kan worden gezorgd dat het uiteindelijke ontwerp van de consument voldoet aan de bouwregelgeving. Veel kan worden vastgelegd in regels die de ontwerpvrijheid van de consument bepalen. Dit geldt in het bijzonder voor functionele en technische eisen, maar veel minder voor prestatie-eisen. Aan de eisen uit de laatste categorie kan meestal op verschillende (technische) manieren worden voldaan. Een voorbeeld is de energieprestatie. De architect kan de aspecten, die van grote invloed zijn op de energieprestatie, al vastleggen zoals de installaties en minimale isolatie van de buitengevel. Maar dit zorgt wel voor minder ontwerpvrijheid van de consument. Wanneer de ontwerpvrijheid van de

consument moet worden behouden, kan iBuild eventueel pakketten met keuzes, zoals het pakket met een gebalanceerde ventilatie, warmtepomp, HR<sup>+</sup>-glas en een buitenschilisolatie van 3,0 m<sup>2</sup>.K/W, aanbieden die ervoor zorgen dat een woningontwerp voldoet aan de EPC-eis. Een andere mogelijkheid is de consument tijdens het ontwerpproces bepaalde ontwerp-oplossingen aan te bieden, om het ontwerp aan de EPC-eis te laten voldoen. Als de consument bijvoorbeeld al gekozen heeft voor natuurlijke ventilatie, een warmtepomp, isolatie van de buitenschil van 3,5 m<sup>2</sup>.K/W, kan iBuild aangeven dat de ramen van HR<sup>++</sup>-glas moeten worden voorzien, om aan de EPC-eis te kunnen voldoen. Dit betekent wel dat de softwarestructuur van het prototype een stuk ingewikkelder wordt.

### **Professionele gebruiker**

De ontwikkelde software kan ook worden gebruikt voor een 3D-ontwerp gemaakt in een IFC ondersteunend CAD-programma door bijvoorbeeld een architect of adviseur. De architect kan zijn ontwerp tussentijds toetsen. Normaal gesproken stuurt een architect zijn ontwerp naar een adviseur die controleert of het ontwerp voldoet aan het Bouwbesluit en de EPC-eis. Dit is een kostbaar proces, zeker wanneer het ontwerp niet voldoet, moet worden aangepast en wederom gecontroleerd. Een adviseur kan de ontwikkelde software gebruiken om een ontwerp snel en gemakkelijk te toetsen. Er kunnen eventueel opties ter verbetering worden uitgetoetst, om tot een goed passend alternatief te komen dat voldoet aan het Bouwbesluit en/of comfortabel en gezonder is. Bij het gebruik van de software zal een architect of adviseur nog wel de ontbrekende data, dat normaal gesproken door iBuild wordt toegevoegd, moeten aanvullen. Hierbij kan worden gedacht aan de thermische isolatie van de lagen materiaal waaruit de scheidingsconstructies zijn opgebouwd, de warmte-doorgangscoefficiënt van ramen en deuren en type installaties. De vraag is of de architect voldoende inzicht heeft om deze waarden toe te voegen. Bij een eventueel verkeerd ingevoerde waarde kan dit onopgemerkt blijven. Voor de architect en adviseur kan de vertaling van de uitkomsten naar een

score achterwege worden gelaten, omdat de uitkomsten voldoende informatie geven.

### **CONCLUSIE**

De ontwikkelde software kan resultaten genereren over energie en thermisch comfort uit een IFC-model en kan worden gebruikt ter ondersteuning van consumenten tijdens het ontwerp-proces. De berekeningen op het gebied van luchtkwaliteit zijn nog niet geïmplementeerd, waardoor ontwerp-ondersteuning op dit vlak nog niet kan worden gegeven. Het bewonersgedrag kan van invloed zijn op de scores van energie en comfort, maar wordt nog niet meegenomen in de geïmplementeerde berekeningen.

De ontwikkelde software genereert op het gebied van energie drie EPC-waarden voor drie verschillende typen cv- of warmtepompinstallaties. Op het gebied van thermisch comfort wordt de kans op oververhitting in de zomerperiode en de kans op tocht in de winterperiode weergegeven. Op het gebied van energie geven de drie EPC-waarden te weinig informatie over de energiezuinigheid van de typen cv- of warmtepompinstallaties. Door de uitkomsten te vertalen naar een terugverdientijd worden de verschillen van de installaties in energiezuinigheid duidelijker.

Wanneer de ontwikkelde software wordt gebruikt door de consument moeten de uitkomsten nog worden vertaald naar een begrijpbare score. Kleine verschillen in het ontwerp, zoals de positie en grootte van het raam, leveren minimale verschillen op in de uitkomsten. Wanneer de consument weinig ontwerpvrijheid heeft en de installaties, oriëntatie en gevelconstructie bijvoorbeeld al zijn vastgesteld, kan de ontwikkelde software de consument weinig ondersteuning bieden, omdat de uitkomsten amper verschil tonen. Als de consument een grote ontwerpvrijheid wordt geboden, zullen de verschillen tussen de uitkomsten groter zijn en kan de ontwikkelde software, ondersteuning aan de consument bieden.

Het gebruik van de software is beperkt tot woningen met ruimtes met rechthoekige vlakken, een plat dak en een beperkt aantal mogelijke installaties.

### *Toekomstig werk*

De ontwikkelde (prototype) software zal in de praktijk nog moeten worden getest met consumenten. Hiermee kan ook worden onderzocht of alle voor de consument belangrijke uitkomsten worden getoond en hoe de uitkomsten voor energie en comfort het beste naar de consument toe moeten worden gepresenteerd. Wordt het een staafdiagram, waarop een score van een standaard (Bouwbesluit) kwaliteit tot een uitstekende kwaliteit is af te lezen, of is een andere visuele presentatiemethode meer geschikt voor advies aan de consument?


Het advies naar de consument kan nog worden uitgebreid. Zo zijn de berekeningen op het gebied van luchtkwaliteit nog niet geïmplementeerd. Daarnaast kan de software nog worden uitgebreid met ondersteuning van andere aspecten zoals geluid, licht en gezondheid. De consument krijgt dan een nog beter beeld van de score van energie en comfort van de woning. Met het oog op de toekomstige ontwikkelingen voor gebouwlabels en de

EPBD kan tevens een gebouwlabel worden weergegeven van de woning. Wanneer meer bekend is over de inhoud, bepaling en weergave van het gebouwlabel kan de ontwikkelde software hiermee worden uitgebreid. Hierdoor wordt de software nog breder toepasbaar. Er zal wel moeten worden onderzocht of de software enkel voor nieuwbouwwoning als ook voor bestaande woningen een gebouwlabel kan tonen.

De ontwikkelde software kan worden uitgebreid zodat deze ook kan worden toegepast op woningontwerpen met bijvoorbeeld L-vormige plattegronden en woningen met schuine daken.

De scores van energie en het comfort van de woning kunnen meer worden gericht op de consument, door zijn gebruikersgedrag mee te nemen. Bijvoorbeeld via een stel vragen over het gebruikersgedrag van de consument. Dit is o.a. van belang voor een realistische bepaling van de terugverdientijd van verschillende installaties.

### **DANKWOORD**

Graag wil ik de TVVL bedanken voor het bieden van de mogelijkheid om dit afstudeerwerk tijdens CLIMA 2005 in Lausanne te presenteren. Het was een heel leuke ervaring om voor een professioneel en divers publiek dit afstudeerwerk te mogen presenteren. 

### **REFERENTIES**

1. Vreenegoor, R.C.P., *Energie- en comfort advies voor toekomstige bewoners van zelfontworpen woningen*, Afstudeerverslag TU/e, 2005