

Een meta-ontwerpomgeving voor gebouw en installatie

Meer ontwerpen dan rekenen

Ontwerpstrategieën voor de toekomstige bouw dienen gebaseerd te zijn op afstemming van het prestatie-aanbod van gebouwen op een in de tijd veranderende prestatievraag. De waarde van een bouwwerk is op elk tijdstip van zijn levenscyclus afhankelijk van de balans tussen de door de gebruiker gevraagde en de door het gebouw geleverde prestaties. De prestaties worden naar hun aard in diverse kaders onderscheiden. Deze waardeaders gezamenlijk bepalen mede de economische waarde van het gebouw. Kennis van deze waardeaders is daardoor onmisbaar om investeringsrisico's te drukken, om bij te dragen aan de duurzaamheid, om operationele kosten van dynamische organisaties te reduceren. Veranderbaarheid van gebouwen speelt in dit verband een essentiële rol.

-door prof.ir. P.G.S. Rutten* en dr.ir. H.M.G.J. Trum**

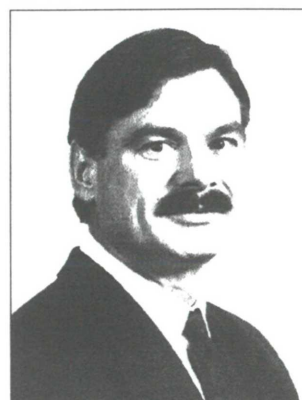
m.m.v.:

*ir. E.H. de Groot**, ir. J. de Hoog**, S.M. Mallory-Hill**, B.E.S., M.Arch. ***

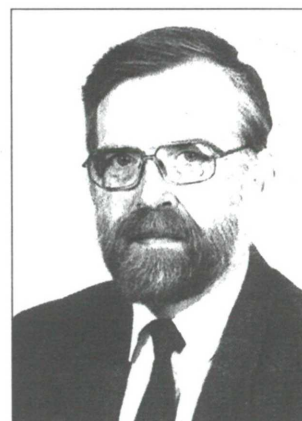
*dr.ir. B. de Vries*** en ir. R.H.M. van Zutphen****

*ir. L.C.J. van Luxemburg****, ir. C.E.E. Pernot*****

*en drs. L. Zonneveldt*****



Prof.ir. P.G.S. Rutten



Dr.ir. H.M.G.J. Trum

Om te kunnen voldoen aan deze eisen is een nieuwe ontwerp-aanpak nodig: multidisciplinair, integraal en strategisch. De benodigde ontwerp- en evaluatie-instrumenten dienen in zowel deductieve als inductieve zin te worden ontwikkeld om optimale bruikbaarheid in alle fasen van het ontwerpproces te bewerkstelligen. De verscheidenheid en complexiteit van de ontwerp-kennis die voor deze ontwerpbenadering nodig is, maakt het gebruik van geavanceerde, geïntegreerde kennisgebaseerde ontwerp-hulpmiddelen noodzakelijk, waarbij computerondersteuning onmisbaar is. Het onderzoekprogramma richt zich dan ook meer concreet op de ontwikkeling van kennisgebaseerde computerhulpmiddelen voor de ondersteuning van gebouwontwerp en -evaluatie. Aan

de ontwikkeling van deze ontwerp- en evaluatie-instrumenten wordt door diverse onderzoekers in de capaciteitsgroep FAGO van de Faculteit Bouwkunde-TUE gewerkt in het onderzoekprogramma Strategisch en Prestatiegericht Ontwerpen en Evalueren (SBPPE: Strategic Building Performance Planning and Evaluation). In dit artikel wordt ingegaan op achtergronden, doelstellingen en eerste resultaten van het onderzoekprogramma. Aan de hand van voorbeelden wordt de kern besproken van het strategisch en prestatiegericht ontwerpen en evalueren in de conceptuele fase van een ontwerpproject en ontwikkelingen op het gebied van computerondersteuning daarbij. Vervolgens wordt een kort overzicht geschetst van de huidige stand van zaken en de plannen voor de toekomst.

STRATEGISCH EN PRESTATIEGERICHT ONTWERPEN EN EVALUEREN

Dit onderzoek van de capaciteitsgroep FAGO van de faculteit Bouwkunde aan de Technische Universiteit Eindhoven is in eerste instantie gericht op het ontwikkelen van hulpmiddelen die ontwerpers in een vroeg stadium moet kunnen ondersteunen. In die heel

- * Capaciteitsgroep FAGO, Faculteit Bouwkunde, TU Eindhoven en TNO-bouw
- ** Capaciteitsgroep FAGO, Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven
- *** Capaciteitsgroep BOS, Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven,
- **** Centrum Bouwonderzoek TUE/TNO

Artikel naar aanleiding van de TVVL/ISSO-lezingen-middag 'Informatietechnologie in een stroomversnelling', op 9 december 1997

vroege fase van een project waarbij ontwerpers in zich opnemen wat er van ze wordt verwacht, de eisen langzaam op zich laten inwerken, zonder ze vooralsnog te vertalen in oplossingen. In die fase waarin vooral wordt geput uit intuïtie, ervaring en creatieve talenten. Waar goede ontwerpers schetsen, krabbelen, filosoferen en visies proberen te verwoorden. Waarbij blauwdrukken ontstaan voor bouwconcepten en de basis wordt gelegd voor het toekomstig succes van een project.

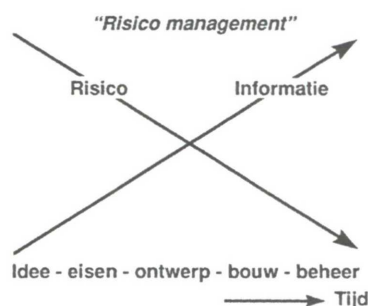
In het onderzoek wordt in de eerste plaats getracht om de ontwerpogave te begrijpen en te beschrijven: wat in de ontwerppraktijk al generaties lang gemeengoed, intuïtie, routine, vanzelfsprekend en algemeen gangbaar is, blijkt - zelfs gedeeltelijk - uiterst moeilijk expliciteerbaar, overdraagbaar en kwantificeerbaar, met of zonder computer. Het onderzoek richt zich vooral op het systematisch analyseren en definiëren van de bouwprestaties zoals die door diverse soorten en niveaus van gebruikers worden gevraagd en op de gebouwssystemen die gedurende een bepaalde levensduur op alle gebouwniveaus die prestaties moeten kunnen leveren. Maar ook op de mogelijk dramatische veranderingen van de gevraagde prestaties tijdens de levenscyclus van het gebouw door niet te voorspellen bestemmings- en gebruikswijzigingen [1]. In het onderzoek wordt ook conceptueel computere gereedschap ontwikkeld voor de ontwerper dat ondersteuning kan bieden in zijn speurtocht naar ontwerpalternatieven en hem kan wijzen op consequenties van deze alternatieven voor de prestaties van het gebouw als geheel. De centrale vraag hierbij is of en zo ja, de computer, en de daarmee onder bereik komende Informatie- en Communicatietechnologie, (ICT) kan helpen om de grote risico's in te dammen die gepaard gaan met de conceptuele ontwerpbeslissingen in de vroege fasen van een project.

In het, in dit artikel besproken, FAGO-onderzoek wordt samengewerkt met de Eindhovense Capaciteitsgroep Ontwerpsystemen binnen het faculteitsbrede VR-DIS-platform (Virtual Reality Distributed Interactive Simulation, ook wel: Virtual Reality Design Information System), een onderzoekpro-

gramma waarin inbreng wordt geleverd door diverse capaciteitsgroepen. VR-DIS is het parapetpaardje van de faculteit Bouwkunde in Eindhoven: een elektronische maquette waar je door heen kunt lopen en die bovendien in staat is allerlei gebouwgedrag te simuleren. Aan het einde van dit artikel zal beknopt worden ingegaan op de relatie van het hier besproken FAGO-onderzoek met deze nieuwe ontwikkeling.

STRATEGISCH ONTWERPEN

Bij strategisch ontwerpen is de factor tijd de essentie van het ontwerpprobleem.



De centrale probleemstelling

-FIGUUR 1-

Informatie, kennis en risicobeperking

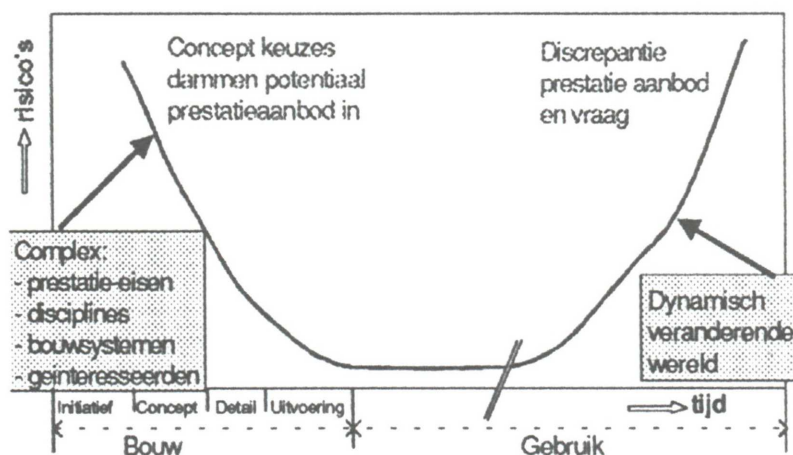
Figuur 1 toont de centrale probleemstelling van het onderzoek. Op de verticale as zijn de risico's uitgezet, d.w.z. de kans dat gewenste prestaties niet gehaald worden, en op de horizontale as de tijd. Daarbij wordt duidelijk dat in de beginfase van de levenscyclus van een gebouw, in de ontwerp- en uitvoeringsfase, de risico's met het beschik-

baar komen van meer informatie geleidelijk afnemen [2].

In de beginfase waarin alle essentiële, onherroepelijke beslissingen over het toekomstige gebouw genomen moeten worden, in een uiterst complexe beslissingsomgeving met veel prestatie-eisen, disciplines, bouwsystemen en project geïnteresseerden, zijn de risico's dus het grootst. Gaandeweg neemt in de opeenvolgende fasen de kennis over het gebouw toe en de risico's af om tijdens de gebruiksfase weer toe te nemen (figuur 2).

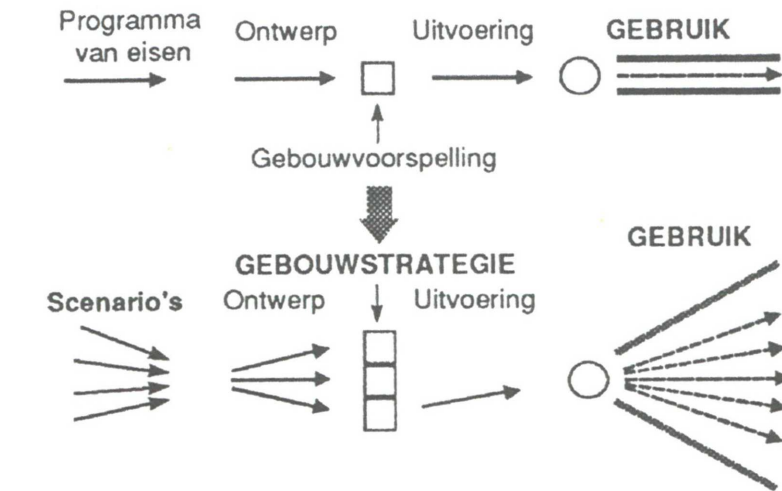
Dit laatste houdt verband met het feit dat de voorspelbaarheid van het gebruik van een gebouw, en dus van de specifieke gebruikseisen, ver in de toekomst kleiner wordt en dus het risico op een discrepantie tussen vraag en aanbod groter wordt, zeker in een dynamisch veranderende wereld. De tijd met haar veranderende vraag is dan de essentie van het ontwerpprobleem.

Een essentiële voorwaarde voor de beheersing van risico's is het beschikken over adequate informatie in elke fase van de levenscyclus van een gebouw. Dat kan allerlei kennis zijn, zoals expertkennis, ontwerp-kennis, domeinkennis, ervaringskennis, casuïstiek, productkennis, wetkennis, marktkennis, gebruikerskennis, kennis van bouwtechnieken en -materialen. Voor het beschikken over informatie geldt echter dat teveel even slecht is als te weinig. Voor elke ontwerp-, bouw-, beheertaak dient de beschikbare informatie juist gedoseerd, afgestemd, juist, compleet en relevant te zijn. Bij gecompliceerde beslissingen is ondersteuning



Risiko's in verschillende fasen

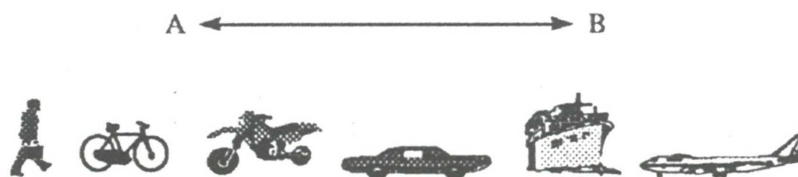
-FIGUUR 2-



Gebouwvoorspelling versus Toekomstgerichte Gebouwstrategie: zoeken naar een specifieke oplossing die het beste voldoet in de tijd

-FIGUUR 3-

Transport van A naar B:



Transportconcepten

-FIGUUR 4-

vereist, die laat zien welke ontwerp-alternatieven er in elke situatie zijn, of die de gevolgen van eenmaal genomen beslissingen expliciet maakt.

Voorspelling versus strategie

Traditioneel volgen we een proces dat gekenmerkt wordt door een tunnelvisie. Op basis van verwachtingen over de beginfase van het gebruik wordt het programma van eisen geformuleerd en wordt een voorspelling gedaan over de optimale gebouwoplossing voor dit programma. Wijkt het werkelijke gebruik af van het voorspelde, dan wordt de gebruiker onmiddellijk geconfronteerd met beperkingen die deze tunnel oplegt, hetgeen in de praktijk leidt tot suboptimale bedrijfsvoering van de gehuisveste organisatie. In tegenstelling tot deze traditionele aanpak heeft het de voorkeur een aantal gebruiksscenario's te ontwikkelen die een breed spectrum van mogelijk toekomstig gebruik beschrijven. Het ontwerp mondt dan uit in een gebouwstrategie die de po-

tentie heeft om een brede waaier aan gebruik te ondersteunen (figuur 3). Het risico op onverwacht hoge kosten van aanpassingen tijdens gebruik of, in het uiterste geval, zelfs vervroegde economische veroudering, is dan drastisch beperkt.

Uitgangspunt van de toekomstgerichte strategie van het prestatiegericht ontwerpen is de opvatting dat een gebouw een voorspelling is: een specifieke oplossing die het beste voldoet in de tijd. Verschillen in levensduur van gebouwonderdelen spelen in deze benadering een essentiële rol.

De toekomstgerichte strategie begint al bij het opstellen van het programma van eisen. Wil het bouwwerk ook onder toekomstige, veranderende omstandigheden de gevraagde prestaties kunnen blijven leveren, dan is het van belang om al in de ontwerpfase op zoveel mogelijk verschillende soorten van gebruik te anticiperen. Dat betekent: verschillende varianten ontwerpen en evalueren op hun potentiële prestaties.

ontwerpen en bandbreedte

Een tweede belangrijk aspect van het onderzoek wordt aangeduid door de term "prestatiegericht". Een voorbeeld kan het principe van prestatiegericht ontwerpen in de vroege fase van een project verduidelijken. Het voorbeeld is niet bouwkundig van aard, maar dat doet niet terzake. Het gaat over de keuze van het beste transportmiddel voor iemand die van A naar B wil gaan. Hij kan kiezen tussen allerlei soorten transportmiddelen: de benenwagen, de fiets, bromfiets, auto, boot, vliegtuig (figuur 4). Kiezen voor een transportmiddel is in het eerste stadium kiezen voor een bepaald concept, immers het gaat hier steeds over een hele categorie van middelen die onderling nog sterk kunnen verschillen, afhankelijk van de uitvoering. Te voet gaan is voor een getrainde marathonloper een totaal andere onderneming dan voor een oud omaatje, in de categorie fietsen zijn er zowel driewielertjes, bakfietsen, mountainbikes als ren- en tourfietsen, en bij de andere categorieën is de keuze al minstens even groot en uiteenlopend. Te voet naar Engeland is vergelijkbaar met een bootreis door de Sahara, dus ook de aard van de weg tussen A en B speelt bij de keuze een belangrijke rol.

Laten we er even van uitgaan dat de route in principe met alle vervoermiddelen kan worden afgelegd. Hoe kunnen we dan tot de verstandigste keuze komen?

Daarvoor kijken we naar de prestaties die elke groep transportmiddelen kan leveren met betrekking tot de globale eisen die de reiziger stelt (figuur 5). We weten inmiddels dat die sterk afhangen van het specifieke type binnen elk concept. Toch kunnen we er bepaalde bandbreedten voor aangeven zonder daar al vooraf gedetailleerd over te moeten beslissen, aan de hand van globale minimale en maximale prestaties die elk concept kan leveren. Zulke bandbreedten zijn aan te geven voor alle prestatie-eisen die de reiziger zou kunnen stellen, bijvoorbeeld: het gewicht aan bagage dat vervoerd kan worden, de gemiddelde snelheid, het energiegebruik, en de kosten per afgelegde kilometer.

Op basis van de eisen die de reiziger stelt, kan al een eerste keuze voor een aantal conceptoplossingen worden

gemaakt. De eisen dienen nu als een filter voor de principekeuze voor een transportconcept. Afb. 6 laat zien, dat zowel de fiets als de brommer geschikte concepten zijn die passende prestaties kunnen leveren bij de gestelde prestatie-eisen, nog vóórdat we alle verkrijgbare typen fietsen en brommers gedetailleerd hebben onderzocht. De risico's van een "mismatch" kunnen op deze manier al in een heel vroeg stadium worden beheerst door middel van een conceptkeuze die op basis van bandbreedten geleverde prestaties vergelijkt met gevraagde prestaties.

Gebouwmodellering: niveaus, prestaties, gebouwssystemen en waardeketen

Om inzicht te krijgen in het werkelijke gedrag van het gebouw en zijn onderdelen in de tijd, is het nodig om zowel de prestatievraag als het -aanbod te differentiëren naar verschillende gebouwdelen en -systemen [3]. Voor dat doel maken we gebruik van een oorspronkelijk door Wise [4] ontwikkeld driedimensionaal model (figuur 7), waarin op de eerste as de gevraagde prestaties worden afgebeeld, op de tweede as de geleding van het gebouw in niveaus met de elementen waarvoor op elk niveau prestaties worden gevraagd en op de derde as de middelen waarmee dat bereikt moet worden: de gebouwssystemen. Dit gebouwmodel moet het ons inziens mogelijk maken om het "ideale" ontwerp- en evaluatieproces conceptueel - dat wil zeggen: in termen van gedefinieerde begrippen - te modelleren. Op dit gebied is promovenda Shauna Mallory-Hill, B.E.S., M. Arch. werkzaam: theorie en methodologie, literatuuronderzoek, grondslagen en principes van ontwerpen en computerondersteuning [5] (daarnaast werkt zij aan KBS-ontwikkeling op het gebied van case-based reasoning). In de volgende paragrafen worden de assen van het model en hun onderlinge relaties besproken.

Gebouwniveaus

Vanwege de complexiteit van een bouwwerk is het nuttig om in het ontwerp- en evaluatieproces niveaus te onderscheiden, waardoor het gebouw als een hiërarchisch opgebouwd systeem kan worden beschouwd (volgens het principe: "boxes within boxes"). In figuur 8 is die hiërarchische opbouw weergegeven: gebouwde omgeving, gebouw, verdieping, vertrek, werkplek.

CONCEPT Transport variant	Bandbreedtes in Prestaties			
	Gewicht max kg/reis	Gemiddelde snelheid km/h	Energie- gebruik MJ/km	Kosten f/km
lopen				
fiets				
brommer				
auto				
boot				
vliegtuig				

Transportbandbreedten van transportmiddelconcepten

-FIGUUR 5-

Bandbreedten

in
Prestatie-eisen

Filter:

Gewicht

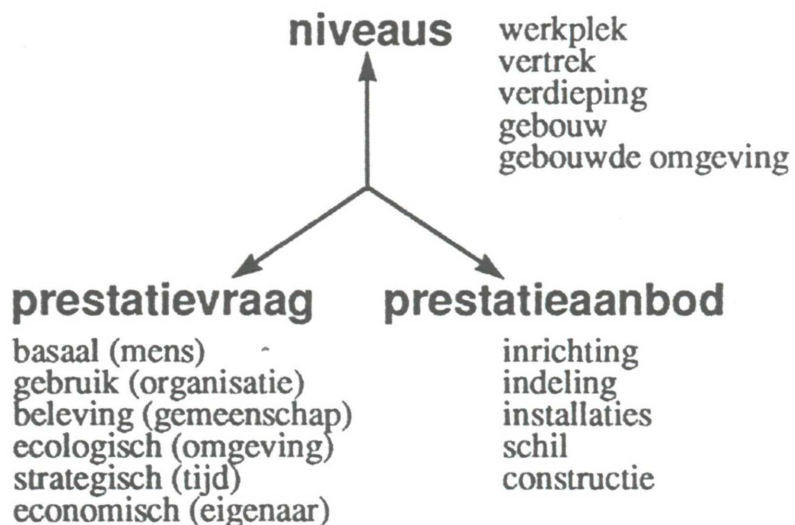
Snelheid

Energie

Kosten

Keuze van een transportconcept op basis van bandbreedten in gevraagde en geleverde prestaties. De risico's zijn ingedamd voordat de detaillering begint: concepten, die niet voldoen aan de voornaamste globale eisen, vallen af.

-FIGUUR 6-

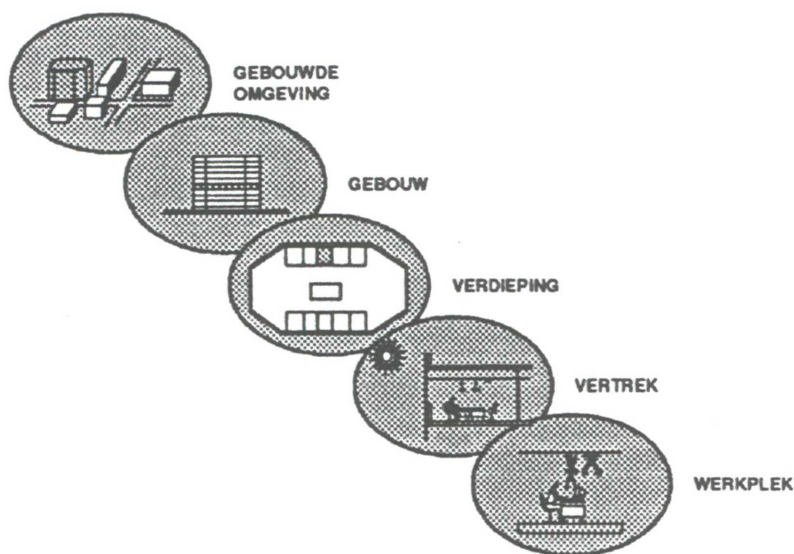


Principe van het gebouwontwerp- en evaluatiemodel (naar: J.A. Wise [4])

-FIGUUR 7-

De eisen voor elke werkplek afzonderlijk en die van hun onderlinge relaties, vormen gezamenlijk het pakket van eisen waaraan het vertrek moet voldoen. Voor alle vertrekken geldt het-

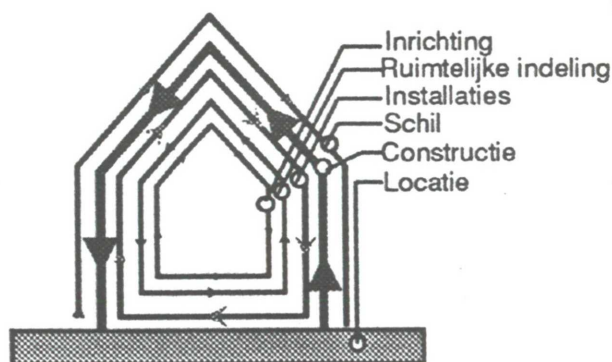
zelfde ten opzichte van de verdieping, enzovoort. Op die manier kan (door inductie) een stelsel van randvoorwaarden voor het gehele gebouw en voor de situering ervan in zijn stedelijke om-



Gebouwniveaus

-FIGUUR 8-

Onderscheid gebouwssystemen:

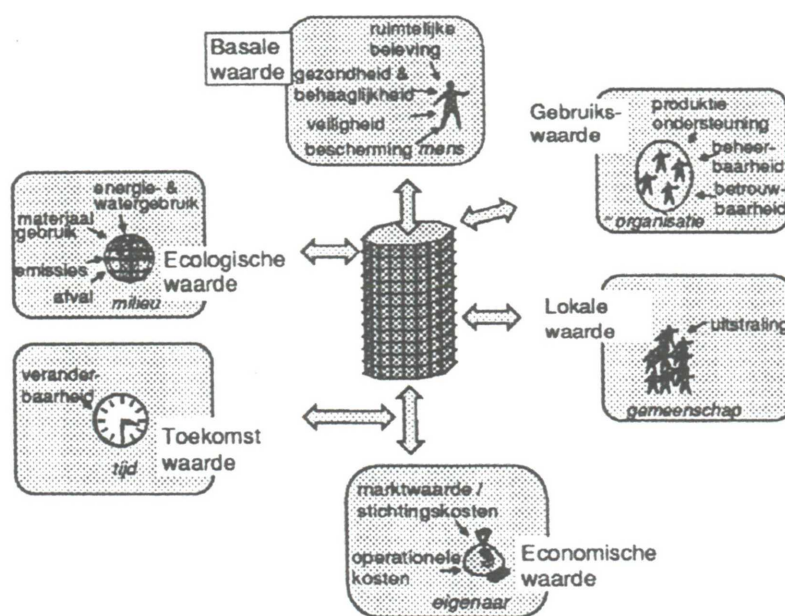


Typische levensduur

3
7
25
50
300
?

Discrepancie in levensduur van gebouwssystemen (bron: Steward Brand [9])

-FIGUUR 9-



Waardekaders

-FIGUUR 10-

geving worden opgesteld, dat weer gebruikt kan worden voor het uitwerken en gedetailleerd ontwerpen van de elementen op alle lagere niveaus (deductie) [6].

Belangrijk daarbij is, dat op ieder niveau het hele spectrum van prestatie-eisen in het ontwerp wordt betrokken en bovendien dat op ieder niveau slechts die beslissingen worden genomen die strikt noodzakelijk zijn, met maximale keuzevrijheid voor het daaronderliggende niveau: als de eisen zijn geformuleerd, wordt het betreffende niveau als het ware weer "leeg gemaakt". Op deze wijze kan beter en nauwkeurig gedoseerd aan de prestatievraag op ieder niveau worden voldaan, zonder bij voorbaat de ontwerper voor de voeten te lopen.

Prestatievraag

Ook het geheel van alle bouwprestaties is te divers en te complex om zonder verdere systematiek te kunnen worden overzien en beheerst. Daarom worden de prestaties van een gebouw gegroepeerd in kaders. Ieder kader beschrijft die prestaties die relevant zijn in een bepaalde relatie die het gebouw onderhoudt met de mens, de gehuisveste organisatie, de gemeenschap, het milieu en de beheerder/eigenaar. De volgende prestatiekaders zijn te onderscheiden:

- *basale prestaties*, in relatie tot de individuele mens: bescherming, veiligheid, gezondheid, behaaglijkheid, ruimtelijke beleving;
- *gebruiksprestaties*, voor de gehuisveste organisatie: productie-ondersteuning, beheerbaarheid;
- *ecologische prestaties*, voor het milieu: energie/watergebruik; materiaalgebruik; emissies, afval;
- *lokale prestaties*, voor de gemeenschap: esthetica, inpassing in stedenbouwkundige en culturele context; bouwvoorschriften, buitenklimaat, aardbevingen, etc.

Prestatieaanbod: gebouwssystemen

Het is van belang om bij het ontwerpen alle gebouwssystemen, die de gevraagde prestaties moeten leveren, integraal te betrekken. Een gebruikelijke indeling is hier aangegeven: inrichting, ruimtelijke indeling, installaties [7], schil [8], constructie en locatie.

Ieder van deze systemen heeft een eigen typische levensduur (figuur 9). Het

zijn als het ware lagen van systemen die een onderlinge wrijving vertonen die representatief is voor en afhankelijk is van de verschillende levensduren.

Een aantal strategieën voor veranderbaar ontwerpen spelen in op dit fenomeen: ze streven er naar de lagen zoveel mogelijk te ontkoppelen en onderling consistent te coördineren.

Een gebouw is dus niet statisch. Het is continu in verandering om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen

Waardekaders: balans tussen gevraagde en geleverde prestaties

Op elk tijdstip van zijn levenscyclus wordt de waarde van een bouwwerk bepaald door de balans tussen de door de gebruiker gevraagde en de door het gebouw geleverde prestaties.

Elk prestatiekader vormt de basis voor een groep waarin de specifieke gebouwwaarde voor dat kader kan worden bepaald door die af te zetten tegen de door de gebouwssystemen geleverde prestaties: een zogenaamde waarde-kader (figuur 10). Deze waarde-kaders gezamenlijk en de momentane vraag- en aanbodsituatie op de onroerend-goedmarkt bepalen de economische waarde van het gebouw. De toekomstwaarde weerspiegelt de capaciteit om prestatievraag en -aanbod in de tijd op elkaar af te kunnen stemmen. Veranderbaarheid vormt een belangrijke onderliggende prestatie-eis [10].

COMPUTERONDERSTEUNING

Risicobeperking: De computer als hulpmiddel?

De centrale onderzoeksvraag is: Kan de computer en de beschikbare informatie- en communicatietechnologie (ICT) helpen om de eerdergenoemde risico's beperken? Risico's die een gevolg zijn van het ontbreken, het niet tijdig beschikbaar zijn of het onjuist gebruik van informatie kunnen in principe met behulp van de moderne informatie- en communicatietechnologie worden beperkt door verbetering van communicatie en kennisoverdracht tussen verschillende partijen, disciplines, en door adequate modellering, terug- en vooruitkoppeling en simulatie. Toepassing van ICT maakt het mogelijk om op elk moment over alle gewenste informatie te beschikken, te communiceren met experts over de

hele wereld en optimaal van hun kennis gebruik te maken. Knowledge Based Systems maken het mogelijk om die kennis vast te leggen en te modificeren in een vorm die het meest geschikt is voor en toegesneden op toepassing bij specifieke ontwerpproblemen en ondersteuning te bieden bij het nemen van ontwerpbeslissingen.

Informatie- en communicatietechnologie maakt het veel gemakkelijker en sneller om kennis te nemen van allerlei nieuwe toepassingen, van heersende wetten, regels en voorschriften, van nieuwe materialen, constructies, systemen en zelfs van leveranciers en fabrikanten, hun leveringsvoorwaarden, -termijnen en prijzen en daarmee om de beste keuze te maken voor elke specifieke situatie voor toepassing van allerlei producten en systemen die op de internationale markt verkrijgbaar zijn.

Verder maakt de ontwikkeling van Case-Based Systems het mogelijk om te leren van ervaringen uit heden en verleden en vooral ook van de fouten van anderen om de zo noodzakelijke terugkoppeling van praktijk naar theorie mogelijk te maken. Want, om met Casimir te spreken, het is veel slimmer om te leren van de fouten van anderen, dan van je eigen fouten.

Het gebruik van ICT heeft het grote voordeel dat de noodzaak tot het doorgronden van de principes van het ontwerpen steeds indringender wordt aangetoond. Het gaat daarbij in eerste instantie veel meer om het concipiëren van gewenste toekomst en het veroorzaken van gewenste gevolgen - ontwerpen dus - dan om het loslaten van elektronisch informatie- en reken-geweld op bouwkundige problemen. Vandaar de titel die we aan dit artikel hebben gegeven: "Meer ontwerpen dan rekenen".

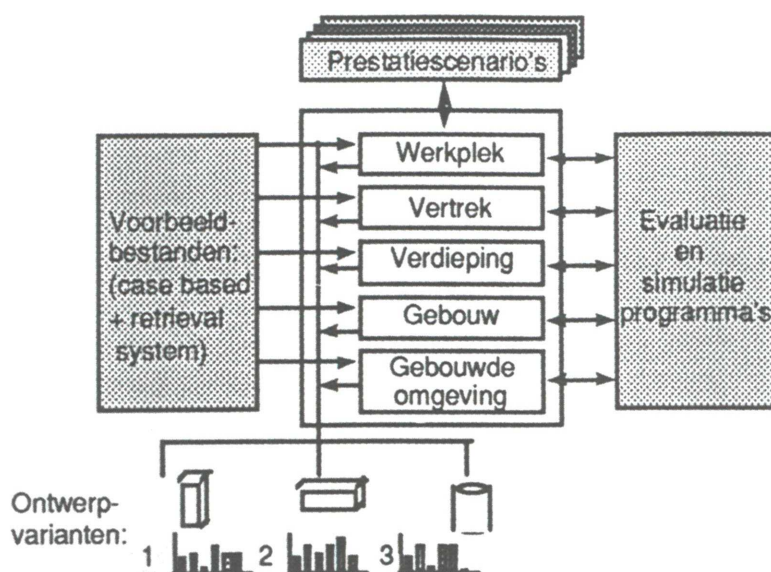
Principe van een Beslissings-ondersteunend Systeem

Als de gebruikers, het gebouw, de gevraagde en geleverde prestaties en de prestatieleverende gebouwssystemen op elk niveau systematisch zijn beschreven en met elkaar in verband zijn gebracht, kan worden aangeduid hoe een beslissingsondersteunend informatiesysteem kan werken dat gebaseerd is op het driedimensionale gebouwmodel. Op de eerste plaats ondersteunt dit het opstellen van prestatiescenario's in ieder

BESCHEIDENHEID GEBODEN

Toch is er, zeker gezien de complexiteit van de ontwerp-opgave, geen reden voor een juichstemming, maar eerder voor terughoudendheid. Veel van hetgeen bij het ontwerpen al generaties lang gemeengoed, routine, vanzelfsprekend en algemeen gangbaar is, blijkt uiterst moeilijk expliciteerbaar, overdraagbaar en kwantificeerbaar, met of zonder computer. We merken dat op de universiteit dagelijks in het onderwijs. Het vak-onderwijs, zeker in de exacte technische vakken is hoog ontwikkeld, maar wat het ontwerp-onderwijs betreft, loopt de ontwikkeling door de bank genomen nog steeds ver achter: de "gildedidactiek", een onderwijsmodel waarbij de leerling al doende leert door de leermeester te imiteren, lijkt nog steeds een vaak gehanteerd principe. Met de computer is het in dit verband zo mogelijk nog bedroevender gesteld. Echte ontwerp-programma's bestaan nauwelijks of zijn niet echt bruikbaar omdat ze de ontwerper voor de voeten lopen. CAD, wat Computer Aided Design zou moeten zijn, komt niet veel verder dan Computer Aided Drawing. De computer beschikt ondanks alle vooruitgang nog lang niet over het Fingerspitzengefühl dat nodig is om vuistregels verstandig toe te passen, heeft geen fijne neus voor de "elegante oplossing" en de digitale creativiteit staat ook nog maar in de kinderschoenen. Als we zelf niet in staat zijn om ontwerp-problemen, -taken, -processen en -projecten te doorgronden, te analyseren, systematisch te beschrijven en de complexiteit ervan in kaart te brengen en te beheersen, dan zal inschakeling van een gecompliceerd gereedschap als de computer die problemen eerder vergroten dan verkleinen. Enige bescheidenheid is hier dus geboden.

van de waarde-kaders, reikt daarbij voorbeeldprojecten aan en geeft informatie over de evaluatieresultaten van soortgelijke projecten (figuur 11). Bovendien worden spanningsvelden aan-gegeven met conflicterende prestaties. Het beslissingsondersteunend systeem wordt ingezet in deze vroege fase van het project om realistische, onderling



Principe van een beslissingsondersteunend systeem

-FIGUUR 11-

consistente en toekomstgerichte beschrijvingen te kunnen maken van alle relevante prestaties van het gebouw. Met deze prestatiescenario's als vertrekpunt gaan we de conceptuele ontwerp-fase in. De prestatiescenario's filteren het aantal concepten, om te beginnen met het werkplekniveau. Varianten worden aangedragen voor de relevante gebouwssystemen zoals installaties, inrichting en communicatiesystemen. De ontwerper heeft de mogelijkheid voorbeeldprojecten in te zien, product-informatie op te roepen, concepten te manipuleren en te veranderen en indien nodig de hulp in te roepen van externe evaluatie- en simulatieprogramma's. Het is bedoeld als een voor de ontwerper of voor het ontwerpende team inspirerende werkomgeving die creativiteit en innovatie stimuleert en het nemen van complexe ontwerpbeslissingen vergemakkelijkt, omdat de consequenties ervan al meteen kunnen worden overzien.

Op een analoge manier komen dan de ontwerpen op andere niveaus aan de orde waarbij zich hetzelfde proces afspeelt. Er is geen voorgeschreven volgorde in deze stappen. Ontwerpers kunnen naar believen overstappen naar andere niveaus, als het ware inzoomen en uitzoomen. Men kan ook terug naar de prestatiescenario's en deze herzien in het licht van eventuele moeilijkheden met het ontwerp. Uiteindelijk komt er een aantal ontwerpconcepten uit voor het gebouw met een daarbijbehorend

prestatieprofiel. Op basis daarvan kan dan een geïnformeerde en onderbouwde keuze gemaakt worden voor het gebouwconcept als geheel.

Prototype van een beslissingsondersteunend systeem

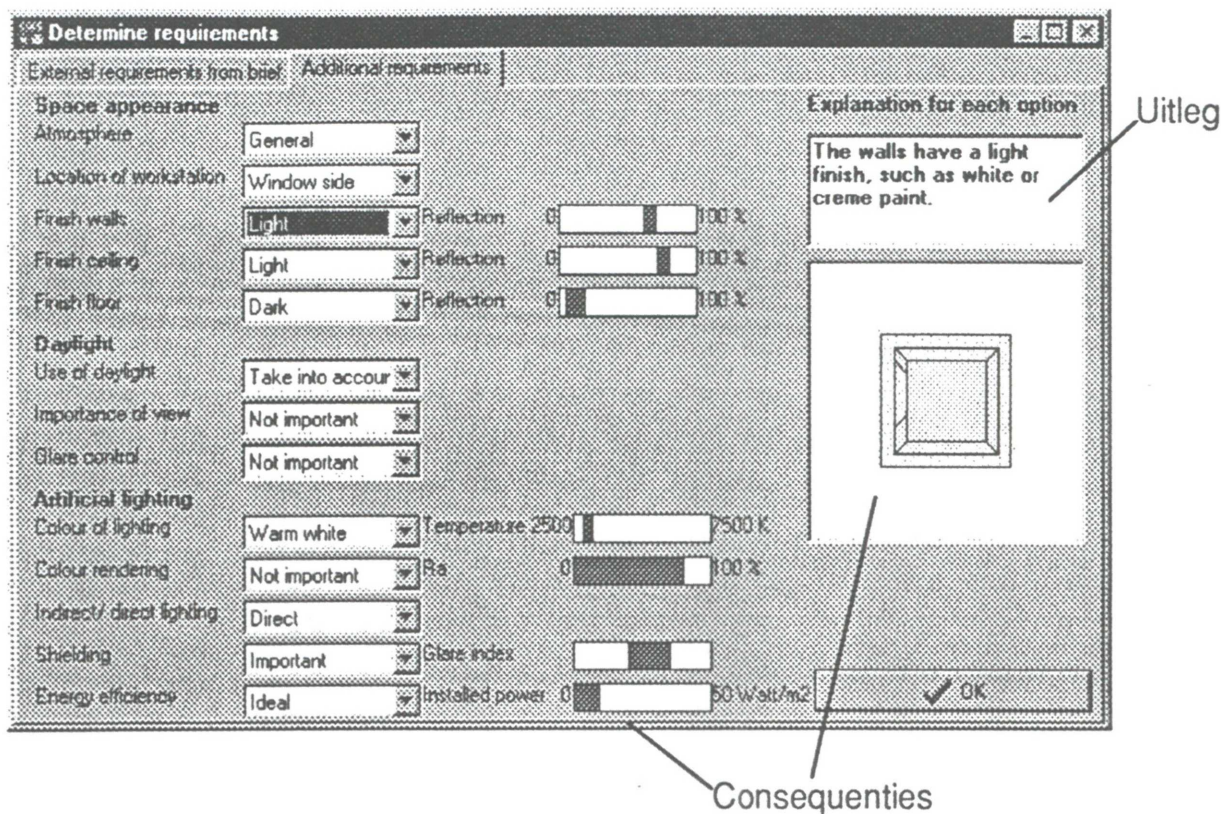
Een van de principiële stappen in het onderzoek naar het computergesteund ontwerpen en evalueren is gezet in het promotieproject van ir. Ellie de Groot, dat o.m. is gericht op de ontwikkeling van een prototype van een kennisgebaseerd beslissingsondersteunend systeem (KBS) en gebouwd is op basis van de bovengenoemde theoretische uitgangspunten. Dit prototype is ontwikkeld in het kader van een door de EG gesubsidieerd onderzoekproject. Het is een eerste vingeroefening om de onderzoekuitdagingen voor het gehele onderzoekprogramma helder vast te stellen. Als domein is het daglicht/kunstlicht-ontwerp gekozen en als prestaties visueel comfort en energiegebruik.

Binnen dit Europese project werd per land een aantal workshops gehouden om samen met praktiserende ontwerpers, onderzoeksinstituten, adviesbureaus en de toeleverende industrie de wenselijkheid van ons project te bespreken en richtlijnen op te stellen waaraan zo'n beslissingsondersteunend KBS moet voldoen om écht bruikbaar te zijn bij het ontwerpen. Uit deze workshops zijn de volgende gebruikseisen naar voren gekomen [11, 12]:

Het KBS moet:

- eenvoudig en goedkoop zijn om te gebruiken. Het gebruik moet gemakkelijk en snel te leren zijn;
- over een actuele kennisbank beschikken, zodat nieuwe technologische ontwikkelingen toegankelijk worden. Het KBS moet ook actueel blijven en dus goed onderhouden worden;
- toegang bieden aan (andere) ontwerphulpmiddelen, of in ieder geval helpen bij het vinden en toepassen ervan, bijvoorbeeld een CAD-systeem;
- alternatieve oplossingen genereren en vergelijken (energiegebruik en kosten);
- informatie geven over de consequenties die de keuzen van de gebruiker heeft op het werk van andere disciplines;
- verschillende disciplines iets over elkaars vak kunnen leren en het moet aangeven wanneer er meer specifieke expertise van andere disciplines nodig is;
- vooral ervaringen moeten geïmplementeerd worden, zodat de junior-bouwkundige er van kan leren;
- over een voorbeelden-bank beschikken;
- mogelijkheden en beperkingen van regelgeving aangeven;
- een ondersteuning vormen bij het opstellen voor het programma van eisen.;
- een overzicht kunnen geven van mogelijkheden tot het verkrijgen van subsidie;
- terugkoppeling van ervaringen uit de gebruiksfase mogelijk maken;
- ook terugverdiendtijden van meer-investeringen geven;
- schattingen kunnen doen van het energiegebruik in de toekomst;
- het management rondom het KBS moet zo zijn dat het voor bedrijven aantrekkelijk is om hun kennis beschikbaar te stellen.

Het inmiddels ontwikkelde EIKS-prototype werkt in grote lijnen als volgt: De ontwerper krijgt allereerst een scherm te zien waarop prestatie-scenario's, ontwerpbeslissingen en evaluatieresultaten worden getoond, zoals die voor het gekozen project gelden. De bijbehorende consequenties worden daarop meteen getoond. Figuur 12 geeft een voorbeeld van het scherm waarop het betreffende prestatie-scenario aangepast kan worden door de prestatie-eisen te veranderen. Tijdens dit proces



EIKS-Prototype. Voorbeeld van een scherm waarop het betreffende prestatie-scenario aangepast kan worden door de prestatie-eisen te veranderen. Tijdens dit proces worden de verschillende keuzemogelijkheden toegelicht door middel van een uitleg. De consequenties van bepaalde keuzen of tegenstrijdigheden worden onmiddellijk aangegeven.

-FIGUUR 12-

worden de verschillende keuzemogelijkheden toegelicht en uitgelegd en in sommige gevallen door het aangeven van een van de consequenties van de keuze. Op een volgend scherm kunnen de ontwerpbeslissingen aangepast worden. Hier worden per keuzemogelijkheid naast een uitleg in woord en beeld ook een indicatie van de prestaties comfort, energie-efficiëntie, initiële kosten, installatie-aspecten en onderhoud weergegeven op een schaal van -5 tot 5. Hierbij betekent een score 0 dat de keuze in overeenstemming is met de minimum wettelijke eis op dit gebied. Negatieve scores voldoen niet aan de wettelijke eisen en positieve scores voldoen beter dan het wettelijke minimum. In de toekomst zal het mogelijk zijn om rechtstreeks vanuit het prototype naar een simulatieprogramma (bijv. Radiance) te gaan om een daglicht- of kunstlicht-evaluatie uit te voeren met het conceptontwerp zoals dat er dan ligt.

Tenslotte kan de ontwerper een scherm oproepen dat een indicatie geeft van de prestaties, comfort, energie-efficiëntie, initiële kosten, installatie-aspecten en

onderhoud voor het complete geïntegreerde daglicht/kunstlichtontwerp op een schaal van 1 tot 10. Hier is de mogelijkheid ingebouwd om twee alternatieven met elkaar te vergelijken.

Het MOLCA-project

Het MOLCA-project, dat wordt uitgevoerd door promovendus ir. Jeroen de Hoog, evalueert de impact van kantoorgebouwen op het milieu [13]. Hiertoe wordt de internationaal geaccepteerde methodiek van de Levens-CyclusAnalyse (LCA) gebruikt. De afkorting MOLCA staat dan ook voor "Model for Office buildings Life-Cycle Assessment".

Met MOLCA moet het mogelijk worden om de ecologische waarde(n) van een compleet ingericht kantoorgebouw vast te kunnen stellen. Als zodanig vormt het project een onmisbare module binnen het hier besproken FAGO-onderzoekprogramma.

Binnen het MOLCA-project wordt de levenscyclus van een kantoorgebouw opgesplitst in drie perioden: de bouw-fase (productiefase) van het kantoorgebouw, de gebruiksfase en als laatste

de sloopfase. Speciaal voor de bouwen gebruiksfase vindt intensieve koppeling plaats met het onderzoekprogramma als geheel.

Het onderzoekproject is erop gericht om gereedschap te ontwikkelen dat het mogelijk moet maken om milieu-invloeden van ontwerpvarianten in kaart te brengen en als zodanig mee te nemen in het evaluatieproces. Deze studies worden uitgevoerd aan de hand van het computersimulatieprogramma SimaPro.

Het project is in eerste instantie gefocust op gebouw en installatie en met name op kantoorgebouwen. Er wordt samengewerkt met IVAM (ECO-quantum) en TNO-MEP. TUE neemt bovendien deel aan de recentelijk opgerichte LCA-commissie van de TVVL

STAND VAN ZAKEN EN TOEKOMST

Er werken nu drie promovendi op dit onderzoekprogramma, waarvan twee op het ontwerptraject. Binnenkort wordt het onderzoekteam met twee promovendi versterkt. De nieuwe pro-

movendi zullen aan strategische briefing werken, dus in het gebied van het programma van eisen en voorbeeldenbestanden en op het integreren van het beslissingondersteunend systeem in het VR-DIS platform.

VR DIS staat voor Virtual Reality Distributed Interactive Simulation. Het VR-DIS-systeem wordt ontwikkeld als een framework van onderling samenhangende computertools. Het VR-DIS-platform is een innovatief instrument ter ondersteuning van multidisciplinaire ontwerpprocessen. VR-DIS is gebaseerd op integratie van drie technologische hoofdprincipes: virtual reality, simulatie en productmodellering. Het platform maakt het mogelijk om diverse aspecten van (deel)ontwerpen te onderzoeken, te analyseren, te testen en te evalueren. Het uiteindelijke doel is om de doelmatigheid en de kwaliteit van het ontwerpen te bevorderen door middel van een digitaal prototype dat real-time gemanipuleerd kan worden: een elektronische maquette waar je door heen kunt lopen en die bovendien in staat is bepaald gebouwgedrag te simuleren

Om volledig aan zijn doel te kunnen beantwoorden, is voor VR-DIS computergereedschap nodig, dat opdrachtgevers, architecten, adviseurs en aannemers in staat stelt om de consequenties van ontwerpbeslissingen voor de planning van het uitvoeringsproces en de gebruiksfase te simuleren en te visualiseren en deze informatie te gebruiken in de vroege fasen van het ontwerpproces (de bestaande technieken zijn min of meer "stand alone" applicaties, waartussen de ontwerpers zelf de verbanden moeten aanbrengen en moeten vertrouwen op hun ervaring om de juiste ontwerpbeslissingen te kunnen nemen).

Het platform is modulair opgebouwd met "agents", min of meer onafhankelijke programma's die in staat zijn om in het licht van een gesteld doel en rekening houdend met de randvoorwaarden van de situatie, zelfstandig taken uit te voeren en beslissingen te nemen ten behoeve van de gebruiker. De kennisgebaseerde systemen, waaraan in het hier gepresenteerde onderzoek wordt gewerkt, kunnen als "agents" in het VR-DIS-platform functioneren en daardoor prestatiegericht ontwerpen en evaluatie mogelijk maken:

- Building Performance Evaluation Model: ontwikkeling van een KBS voor strategische prestatie-evaluatie van kantoorgebouwen; ontwerp van een KBS voor gebouwevaluatie, gebaseerd op case-based reasoning (S. Mallory-Hill, B.E.S., M. Arch.);
- IBT: ontwikkeling van een "Intelligent Briefing Tool": een computersysteem met betrekking tot de relatie tussen gebruikersgedrag en klimaat-eisen voor het binnenmilieu;
- MOLCA: ontwikkeling van een evaluatiemodel voor life-cycle analyse analysemodel voor de beoordeling van milieubelasting en energiegebruik van kantoorgebouwen (milieu en duurzaamheid), (ir. J. de Hoog);
- EIKS1: een gesubsidieerd Europees project voor de ontwikkeling van een KBS ten behoeve van ontwerp en evaluatie van kantoorgebouwen op lichtcomfort en energiegebruik (ir. E. de Groot; onderzoek in het kader van het EG-programma Joule/Thermie; samenwerking van FAGO en CBO-TUE/TNO met Europese partners);
- Een promotieproject is in voorbereiding, dat gericht is op de ontwikkeling van een KBS dat ontwerpers zal ondersteunen bij het creatief ontwerpen van ruimten op basis van prestatieregels die rekening houden met licht. Door middel van interactieve simulatie zullen ontwerpers spelenderwijs de consequenties van hun ontwerpbeslissingen kunnen waarnemen door de relatie tussen vorm en daglicht zichtbaar te maken.

Het onderzoek sluit tevens aan bij het in het kader van het ESPRIT-programma voorgestelde onderzoek DECISION, waaraan behalve door de TUE en TNO-Bouw, zal worden deelgenomen door een zevental researchinstituten en bouwbedrijven uit vijf Europese landen.

BRONNEN EN LITERATUUR

- 1 Rutten, P.G.S., *Strategisch Bouwen*, Intreerede, TUE, Eindhoven, 31 mei 1996, 32 p., TVVL-Magazine 9, 1996.
- 2 Mallory-Hill, S.M., and Rutten, P.G.S., *Reducing Risk through Building Performance Evaluation with Intelligent Computer Assistants*, to be published, 9 p.

- 3 Rutten, P.G.S., *Een model voor het ontwerpen op veranderbaarheid*, in: A. Venemans (red.), *Bouwwijs, materialen en methoden voor toekomstige gebouwen*, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, STT 59, Delwel Uitgeverij, Den Haag, 1997, pp. 41-45.
- 4 Wise, J.A., *Control is Beautiful: Measuring Facility Performance as if People (and Buildings) Really Mattered*, in: Davis, G., and Ventre, F.T. (eds.), *Performance of Buildings and Serviceability of Facilities*, American Society for Testing and Materials, ASTM, STP 1029 pp. 121-142.
- 5 Hill, S.M., *Intelligent Tools for Strategic Performance Evaluation of Office Buildings*, Definition Study, Intern Rapport TUE, juli 1997, 68 p. + bijlagen (28 p.)
- 6 Bax, M.F.Th., and Trum, H.M.G.J., *A Conceptual Model for Concurrent Engineering in Building Design according to Domain Theory*, Proc. 3rd Design and Decision Support Systems (DDSS) in Architecture and Urban Planning Conference, Spa, Belgium, 1996, Part 1, Architecture Proceedings, pp. 527-546.
- 7 Rutten, P.G.S., *Klimaatinstallatie*, in: A. Venemans (red.), *Bouwwijs, materialen en methoden voor toekomstige gebouwen*, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, STT 59, Delwel Uitgeverij, Den Haag, 1997, pp. 79-89.
- 8 Hendriks, N.A., *Schil*, in: A. Venemans (red.), *Bouwwijs, materialen en methoden voor toekomstige gebouwen*, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, STT 59, Delwel Uitgeverij, Den Haag, 1997, pp. 89-102.
- 9 Brand, S., *How Buildings Learn*, Viking Penguin, New York, 1994.
- 10 Rutten, P.G.S., *Veranderbaarheid: Beperking van investeringsrisico's*, SerVicE_Magazine, nr. 2, maart 1997, pp. 4-7.
- 11 Groot, E.H. de, *Proceedings EIKS Workshop Nederland*, Serie Workshop Proceedings nr. 4, Onderzoekschool Bouw, Delft, 1997, 34 p.
- 12 Groot, E.H. de, *EIKS Follow-up Workshop*, FAGO, Faculteit Bouwkunde TUE, Eindhoven, 1997, 20 p.
- 13 Hendriks, N.A., *Hard werken aan betrouwbaar milieuoordeel; van materiaal naar bouwdeel naar compleet gebouw*, Duurzaam Bouwen, nr. 3, 1997, pp.30-32.