

COMPONENTONTWERPEN EN

PRODUCTONTWIKKELEN

This page intentionally left blank

COMPONENTONTWERPEN --- EN PRODUCTONTWIKKELEN

Prof.dr.ir. Mick Eekhout

Hoogleraar Productontwikkeling, TU Delft, 1991-2015

Algemeen directeur Octatube, Delft vanaf 1983

COMPONENTONTWERPEN EN PRODUCTONTWIKKELEN

© 2015 Mick Eekhout en IOS Press

AUTEUR Mick Eekhout

LAYOUT Manuela Schilberg, Saphira Jon, Octatube, Delft

MASTER DESIGN Sirene Ontwerpers, Rotterdam

This book is published online with Open Access by IOS Press and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, without prior written permission from the publisher.

ISBN 978-90-5199-538-1 (print)

ISBN 978-90-5199-539-8 (online)

DOI 10.3233/978-90-5199-539-8-i

PUBLISHER AND DISTRIBUTOR

IOS Press BV

Nieuwe Hemweg 6B

1013 BG Amsterdam

The Netherlands

fax: +31-20-687-0019

e-mail: order@iospress.nl

PRINTED IN THE NETHERLANDS

VOORWOORD



Herman Hertzberger (© Joop Luimes)

Toen Mick Eekhout mij vroeg een voorwoord te willen schrijven voor zijn boek was mijn eerste reactie: waarom nu juist ik? Onze werelden liggen immers tamelijk ver uiteen. Eekhout, gesneden uit het hout van de ambachtsman geëvolueerd tot hightech specialist die zich vooral bezighoudt met realisaties van open structuren die fysiek dicht moeten zijn, terwijl ikzelf vooral bezig ben met wat daarbinnen ruimtelijk gebeurt. Zijn antwoord was: jij bent een van de weinige architecten die consequent en systematisch ontwerpt, een houding die ik mijn studenten nu juist zou willen bijbrengen. Wel meende ik te begrijpen wat hij bedoelde, maar bij mij kwam direct de vraag op waarom dat dan van belang was. Wordt het resultaat beter wanneer het volgens een bepaalde systematiek tot stand kwam?

Interessante gebouwen krijg je ook met knippen en plakken van beelden van de web sites van alle architecten van de wereld. Assemblage denken is door het hele bouwen in de plaats gekomen van het opbouw denken van vroeger. De verschillende elementen worden als onderdelen door specialisten uitgeknoobbeld, vervolgens gekozen en dan samengesteld. De nadruk voor de architect komt zo te liggen op de keuze uit vele mogelijkheden en verder op de verbindingen, die moeten technisch kloppen en qua visuele uitdrukking kloppen, dat wil zeggen er uit zien zoals jij meent dat past in jouw opvattingen en in het door jou beoogde resultaat. Daarvoor is kennis nodig, technische kennis en kennis van de esthetische mogelijkheden [benadruk je 'details' of abstraheer je de dingen juist zoveel mogelijk]. Maar voor alles gaat het om het weten te kiezen en te weten waardoor keuzes worden ingegeven. Keuzes zijn consequenties van een groter plan, bedoeld om tot een gewenst resultaat te leiden. Daar zit dan die systematiek waar Mick Eekhout op doelde. Maar zelfs dat grote[re] plan heb je meestal nauwelijks, evenmin als een duidelijk beeld van wat je eigenlijk wilt. Meestal weet je vooral wat je niet wilt, waardoor je keuze wordt gestuurd. Zo baan je een weg - vaak meer onbewust dan bewust - tussen onmogelijkheden en onwenselijkheden door, en zo word je intuïtief in een bepaalde richting gestuurd en kom je dan ergens terecht waar je laten we zeggen niet al te ongelukkig over bent. Ingenieurs hebben het makkelijker dan architecten, zoals ze er een sport van maken

dingen zo licht mogelijk te maken. Daarin proberen ze elkaar af te troeven en dat levert dan tenminste een duidelijk doel. Van huis uit ging het de ingenieur er om met zo weinig mogelijk middelen het gevraagde doel te bereiken, voor hen gold altijd al 'less is more'. Architecten zijn verkwisters, altijd schepjes er bovenop om maar op te vallen en helaas helpen ingenieurs hen daarbij om steeds verder 'over the top' te stijgen; ook zij genieten klaarblijkelijk van de aandacht die je daarmee schijnt te oogsten. Architecten zien zichzelf het liefst als kunstenaar, ten onrechte, maar dit terzijde, als ze maar niet denken daarom zonder systematiek te kunnen, ook nu architectuur vandaag super romantisch te werk gaat. Het is een misverstand dat een romanticus zich zou kunnen veroorloven 'ins Blaue' te werken. Neem de romantiek bij uitstek, de componisten in de negentiende eeuw zoals Schumann, Chopin, Brahms. Zij lieten hun gevoel de vrije loop naar het lijkt, maar om hun complexe akkoorden op papier te krijgen moesten zij de systematiek van de tonale harmonie perfect beheersen en ook qua vorm klopt alles, noot voor noot, volgens de op dat ogenblik gebruikelijke theorie. Poëzie zweeft niet maar is, zoals Flaubert opmerkte, even precies als wiskunde. Wat de dichter en de ingenieur gemeen hebben is, dat zij beiden zoeken naar de meest precieze en efficiënte middelen om hun gedachten uit te drukken. Ook de intuïtie werkt met een - wellicht onbewuste - systematiek. Ik denk niet dat je de ontwerpsystematiek zoals Mick Eekhout die uitlegt in de praktijk op de voet zult gaan volgen, maar het is goed en vermoedelijk noodzakelijk om die te beheersen en mee te dragen, opdat je intuïtie wellicht onbewust erdoor wordt ondersteund en bijgestuurd.

Herman Hertzberger

TEN GELEIDE

Een van de doelstellingen van de leerstoel Productontwikkeling zoals die is weergegeven in mijn oratie 'Architectuur tussen traditie en experiment, of Zappi en het uitdagende productmysterie' [Ref. 28], is om "Het onzichtbare zichtbaar te maken". Daarmee is letterlijk bedoeld het onzichtbare voorbereidingsproces dat voorafgaat aan het vermarkten en vervaardigen van nieuwe bouwproducten en bouwcomponenten, zichtbaar en inzichtelijk te maken door tekstuele en visuele beschrijving. Dat is de functionele, letterlijke betekenis van het onzichtbare in de materiële wereld van de productontwikkeling. In dit boek wordt het analytisch herleid en vanuit de praktische ervaring en het volgen en reconstrueren van uitgevoerde processen beschreven.

Maar figuurlijk is daarmee ook bedoeld het mysterieuze, het onbekende en het ongezegde voor een deel te ontrafelen en als nieuwe kennis en inzicht te kunnen doorgeven aan studenten. Het mysterieuze brengt een zekere ongewisheid omtrent doelgerichtheid met zich mee. Mysteries dagen uit en zetten aan tot onderzoek. Ze zouden als zodanig altijd onze zoektocht kunnen motiveren en begeleiden. Meer de poëtische kant van kunde en inzicht. Daarnaast geldt voor de romantici dat mysteries nooit geheel hoeven te worden opgelost. Wordt het ene mysterie opgelost, dan zullen er hopelijk altijd weer nieuwe mysteries opduiken en nieuwe uitdagingen, steeds verder op de weg. Hetzelfde geldt voor ambities. De intellectueel heeft ambities nodig om het leven een zinvolle richting te geven. Ondertussen groeit de kennis, de kunde en het inzicht en ook de visie op het vakgebied van de productontwikkeling voor de architectuur. De Nederlandse architectuur wordt internationaal gewaardeerd om zijn krachtige 'value-for-money' kwaliteit en om de verrassingen binnen de beperkingen van de opdrachtbrief. Nederlandse architecten hebben durf en opereren in een liberaal bouwklimaat, maar moeten vaak op een evenwichtskoord dansen. Intellectuele ontwerpbenaderingen hebben zeker bijgedragen aan de kwaliteit van de Nederlandse architectuur.

Deze monografie is gewijd aan twee aan elkaar gerelateerde, maar toch duidelijk verschillende onderwerpen: het ontwikkelen van bouwproducten in de industrie en het ontwerpen van speciale gebouwcomponenten op ontwerp bureaus, dus kortweg

aan industriële productontwikkeling en aan architectonisch componentontwerpen. Het gaat over de methodologie en de processen van totstandkoming vanaf het idee via het ontwerpen, het ontwikkelen en het onderzoeken van speciale bouwcomponenten, bouwsystemen en standaard bouwproducten tot en met het maken van prototypes en de eerste toepassing ervan in gebouwen. Het ontwerpen van gebouwcomponenten is van groot belang voor architecten. Het ontwikkelen van bouwproducten en bouwsystemen is allereerst van belang voor de bouwindustrie die ze ontwikkelt en daarna pas voor de architecten die ze gebruiken als keuze uit een beschikbaar technisch vocabulaire.

Deze monografie is allereerst bedoeld voor studenten Architectuur en Bouwtechnologie en daarnaast voor ontwikkelaars in de toeleverende bouwindustrie aan de ene kant en voor architecten aan de andere kant. Architecten zijn in de praktijk in staat een eigen materialisering van gebouwen voor te stellen. Die soms eigenzinnige materiaalkeuzes moeten ze verder goed ontwikkelen om het bouwproces niet mis te laten lopen. Ze zoeken vaak een handlanger in de maakindustrie: het productiebedrijf met een laboratorium die dat concept met hen verder ontwikkelt en het resultaat voor hen produceert.

Dergelijke bedrijven zijn er niet veel en indien de wil in de toeleverende industrie geheel ontbreekt, moeten architecten zelf de leiding nemen. Zo doet Renzo Piano dat in zijn Renzo Piano Building Workshop in Genua / Parijs, al 50 jaar en heel gewetensvol. En zo wordt het in het 'design & build' bedrijf Octatube vele malen voor veel architecten over de gehele wereld gedaan. Maar ik heb als technisch ontwerper ook een aantal malen zelf mijn eigen ideeën gevolgd, door alle processtappen heen vanaf idee en concept via ontwikkeling en prototype testen tot aan productie en daadwerkelijke realisatie. De weerslag van die praktische ervaringen is in dit boek beschreven. De academicus in mij heeft er de navolgende, meer fundamentele methodologie aan gewijd waarvan het inzicht uit de toepassingen is ontstaan.

Een identieke beschrijving van het ontwerpproces is ook te maken voor het ontwerpen van gehele gebouwen, voor het gebouw als technisch artefact. Die opgave laat ik aan over aan mijn collegahoogleraren in de architectuur, die zelf hun eigen ontwerp-, ontwikkel- en onderzoeksmethodieken expliciet kunnen maken ^[Ref. 3]. Die uitnodiging staat overigens al sinds de eerste versie van dit boek in 1996 werd gepubliceerd.

Veel bureaus concentreren zich heden ten dage op het ontwerpproces alleen: VO/DO. Slechts op sommige bouwkundige ontwerp bureaus wordt er consequent vastgehouden aan het idee om het ontwerpen als conceptueel proces (Ontwerpproces, Voorlopig en Definitief Ontwerp) te voeren als integraal proces, vanaf initiatief tot aan de productie en de realisatie op de bouwplaats. Van begin tot aan het eind de zeggenschap behouden betekent voor de architect ook de verantwoordelijkheid en de aansprakelijkheid nemen. Dit ondanks de geërodeerde positie van de architect in de bouwsector, waarbij vaak alleen de ontwerpde rol overblijft. Cepezed in Delft pakt die rol overigens wel met verve op en beweegt zich al meer dan 20 jaar op het veld van de bouwcoördinatie en nu ook op het vlak van de projectontwikkeling.

Daarnaast praat men op de faculteit Bouwkunde veel over ontwerpen, maar lijkt er weinig openheid en eensluidendheid te bestaan over het proces van ontwerpen en welke ontwerpmethoden daarbij gehanteerd worden. Deze situatie is geheel anders dan de veel methodischer ontwerpaanpak van een generatie geleden, waarbij men beseftte dat, om met de toen recentelijk geïntroduceerde computer te kunnen werken (bijvoorbeeld bij het analyseren van de plattegronden van een complex ziekenhuis) er een systematische aanpak noodzakelijk was. De intuïtieve, maar ook de routineuze aanpak bood niet voldoende houvast om tot een optimaal ontwerp te komen. Computerprogramma's waren toen ook al systematisch opgezet en verdroegen geen intuïtieve sprongen.

In 2001 is het boek 'Ways to Study' gepubliceerd, geredigeerd door Taeke de Jong en Ype Cuperus. Daarin zijn een 40-tal visies opgenomen van ontwerpers op de faculteit Bouwkunde die ieder hun ontwerpmethodiek, hun eigen aanpak verklaarden. Desondanks blijft het beeld van een verzameling van individuele aanpakken. Die opleving had veel te maken met de toenemende aandacht voor onderzoek in de jaren nul. Na het emeritaat van Taeke de Jong in 2012 is er wat betreft de theoretische ontwerpmethodologie een grote leemte ontstaan op de faculteit. In 2015 gaat ook Mick Eekhout met emeritaat en kort daarna zal ook Theo van der Voordt als methodoloog op de afdeling Real Estate met pensioen gaan.

Inmiddels is de computer een ingeburgerd tekenmedium op het architectenbureau. Maar als ontwerpmethodieken op Bouwkunde slechts met grote schroom worden gehanteerd en er momenteel nauwelijks een systematische en methodische verantwoording wordt gegeven van het wordingsproces van het ontwerp, dan ontbreekt de brug tussen het niet-cognitief en intuïtief ontwerpen en de ultrasystematische computer als potentieel ontwerpmedium. Het expliciet maken van overwegingen bij het ontwerpen bevordert niet alleen inzicht en helderheid in de eigen activiteiten, het stimuleert in de praktijk de communicatie naar de steeds groter wordende groep van professionals met wie moet worden samengewerkt in de bouw.

De sprong van het conceptueel ontwerp naar het gematerialiseerd ontwerp vindt in al zijn onderdelen door de enorme keuze aan materiële mogelijkheden voornamelijk plaats in het hoofd van de ontwerper: soms intuïtief, vaak routineus en soms methodisch. De uitwerking van een intuïtieve keuze en de optimalisatie kan echter weer heel goed methodisch geschieden. Dat geldt voor het architectonisch ontwerp, dus voor het gehele gebouw als technisch artefact. Het geldt echter ook voor het ontwerp van de afzonderlijke bouwdelen en hun samenstellende onderdelen: de bouwcomponenten.

In toenemende mate zijn de gevolgen herkenbaar van de omslag van producentgerichte industrialisatie naar consument-gerichte vervaardiging of flexibele industriële prefabricage. De zeggenschap van architecten over de technische samenstelling van bouwdelen en componenten van het gebouw wordt steeds groter. Sinds enkele jaren worden de in het oog lopende, beeldbepalende bouwdelen van een gebouw in steeds grotere mate bepaald door de projectarchitect en in steeds mindere mate door de uitvoerende partijen, aannemer en / of producenten. Onder invloed van het Deconstructivisme met zijn doelbewuste en

ogenschijnlijk achteloze virtuele explosies van niet-orthogonale en de-systematische bouwdelen, zijn vele architectonische ontwerpen geometrisch meer complex geworden. Qua samenstelling zijn het collages van bouwdelen en componenten, uit te voeren in een gebouwelijke en zeer specifieke wijze, gebaseerd op alle mogelijke vervaardigingswijzen en wel daarvan de meest eigenzinnige ingrepen daarin en combinaties. Het doelbewust en efficiënt ontwerpen en ontwikkelen van deze specifieke componenten van gebouwen is daarbij na het functioneel en het ruimtelijk gebouwconcept van maatgevend belang geworden in het ontwerpproces van het gebouw. De componentenontwerpde projectarchitect weet hoe ver hij kan gaan en heeft inzicht in de ontwikkelingsprocessen van bouwcomponenten. Inzicht in de iteratieve ontwikkelingsprocessen voor bouwproducten. De reciproque relatie tussen componenten en gebouwen is onmisbaar bij het op een inspirerende wijze materialiseren van een architectonisch conceptueel ontwerp.

De recessie die begon in september 2008 is inmiddels uitgemond in een heuse recessie die de bouw nog een aantal jaren teistert. De woningbouw zit op slot. De utiliteitsbouw is ineengezakt. Er blijkt gemiddeld al meer dan 15% van het gebouwde kantooroppervlak te huur te staan. Meer dan 70% van de bemanning van architectenbureaus is werkeloos en uitgestroomd. De ingenieursbureaus ongeveer 20%. De bouwlust zal zeker een lange tijd getemperd worden. Dat betekent dat veel architecten werkloos zullen blijven, dat door concurrentie de prijzen verlaagd zullen worden. De uitvoerende bouw zal ook sterk gaan krimpen. Misschien wel tot 50% van haar samenstelling van 2007 (400.000 man). Maar aangaande de vraag wat het doel van dit boek is: zullen architecten en bouwkundigen zich in een slappe tijd werpen op zelfstudie om over 5 jaar er als betere professionals aan een opverende bouw te beginnen? Hopelijk kan dit boek er bij de toeleverende industrie en de ontwerpers in de bouw toe bijdragen om over de recessie heen te springen.

Dit boek werd geschreven vanuit een academische bril op het inzicht van de ontwerppraktijk van het ontwikkelen van gebouwcomponenten, in het Delftse 'Design & Build' bedrijf Octatube van de auteur. De theorie in dit boek is ontstaan uit de ontwerpen, experimenten, ontwikkelingen, producties en realisaties binnen dit internationaal opererend bedrijf vanuit glasconstructies, membraanconstructies, ruimtevakwerken, glasconstructies, karton- en polyesterconstructies voor de vrijevormarchitectuur.

Bij het afronden van dit boek, in juni 2015, is het inmiddels duidelijk dat er op de faculteit Bouwkunde TU Delft geen enkele hoogleraar of staflid meer specifiek zich concentreert op de methodologie. Prof.dr.ir.Taeke de Jong en prof.dr.ir. Mick Eekhout gingen beiden met emeritaat, dr.ir.Theo van der Voordt ging met pensioen. Inmiddels was ook op de faculteit Industrieel Ontwerpen Norbert Roosenburg al in 2012 met pensioen gegaan. Op die faculteit is er een leerstoel Ontwerpmethodologie / Design Methodology van psychologe prof.dr. Petra Batke-Schaub. De hoogleraren en UHD's verdwijnen, hun boeken blijven. Dat is ook de reden dat dit onderhavige boek is geschreven, zodat kennis en inzicht ter beschikking van studenten en professionele lezers blijft. Methodologie is een fundamenteel vakgebied in de bouwkunde waarvan de principes niet snel veranderen. De illustraties verouderen sneller dan de principes.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD

TEN GELEIDE vii

INLEIDING xv

01 PRODUCTONTWIKKELING 1

02 ONTWERPORGANISATIE 63

03 OVER HET NUT VAN METHODISCH ONTWERPEN 75

04 ONTWERPEN, ONTWIKKELEN EN ONDERZOEKEN 87

05 TECHNISCH ONTWERPERS 111

06 PARTIËLE ONTWERPMETHODEN 131

07 TOTALE ONTWERPMETHODEN 143

08	<u>STANDAARD PRODUCT</u>	149
09	<u>SYSTEEMPRODUCT: HET KARTONNEN RUIMTEVAKWERKSYSTEEM</u>	175
10	<u>SPECIAALPRODUCT: GLASVEZEL VERSTERKTE POLYESTER SCHAALDAKEN</u>	213
11	<u>REFERENTIES</u>	255
12	<u>EPILOOG</u>	257
13	<u>BIOGRAFIE</u>	259

This page intentionally left blank

INLEIDING

Men heeft mij vaak gezegd dat ik als ingenieur ontwerp, analyserend en redenerend: cognitief. Toch reageer ik in het ontwerpproces ook heel vaak gevoelsmatig als vormgever, om het andere extreem te gebruiken: intuïtief. Ik gebruik een methodische wijze van benadering om mijn intuïtie te beteugelen. De ontwerpkunde van de architect bevindt zich ergens tussen de extremen van de functioneel en technisch ontwikkelende ingenieur en die van de puur emotioneel vormgevende kunstenaar. De verstandelijke ingenieur en de gevoelsmatige kunstenaar, ofwel techniek en vormgeving, bepalen de beide uiteinden van de schuiflat waarop de architect zijn plekje zoekt. De ene architect iets meer naar de techniek, de andere iets meer naar de vorm toe. Deze twee extremen bestaan overigens ook niet zonder elkaars invloed. Immers een sculptuur blijft niet staan zonder materiaalkennis en constructietechniek, ook als die voor de handliggend en traditioneel is. Anderzijds wordt ook bij de ontwikkeling van ruimtevaartuigen ontwerpers betrokken om de verzamelde technieken en systemen onder andere een herkenbaar gezicht mee te geven, een typerende vormgeving. Die invloed kan klein zijn in een dergelijk proces, maar is onmiskenbaar.

Ontwerpen geschiedt zowel aan de consumerende zijde als aan de producerende zijde van het bouwproces. De posities van enerzijds de projectarchitect en anderzijds de productarchitect, de componentontwerper en de productontwikkelaar zijn op de schuiflat verschillend. De productarchitect, als kundig ontwerper van nieuwe bouwproducten en bouwtechnieken, zal meer tenderen naar de verstandelijke ingenieursbenadering. Terwijl de projectarchitect als noodgedwongen consument van op de markt aangeboden respectievelijk door derden al eerder ontwikkelde bouwproducten en bouwcomponenten, meer gebonden is aan bestaande technieken en producten. Hij kent de weelde van het kiezen uit vele mogelijkheden, ook uit mogelijkheden die zelden worden gebruikt of in de branche geïmporteerd moeten worden. Hij is niet gebonden aan bepaalde productiewijzen of uitvoeringswijzen. Ten eerste zal hij trachten zijn eigen ideeën voor componenten gerealiseerd te krijgen. Ten tweede, als dat te duur of anderszins onmogelijk blijkt, kan hij door een afwijkende ordening in de ruimte van standaardproducten en systeemcomponenten een grotere mate van eigenheid en herkenning zoeken. Hij heeft meer affiniteit met de esthetische vormgeversbenadering. Standaardproducten kunnen

ook oneigenlijk worden gebruikt. De eigenzinnigheid van de projectarchitect kan leiden tot een eigenzinnig gebouw dat toch met relatief weinig economische middelen kan worden gerealiseerd voor een smalle beurs.

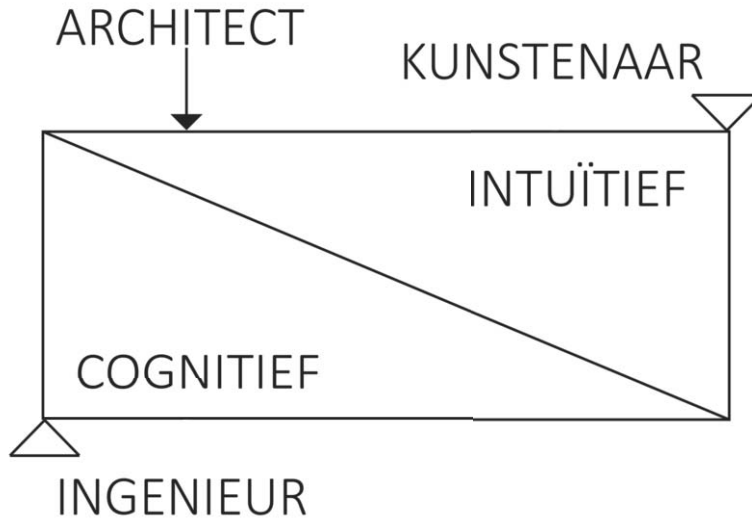


FIG. 01. De architect neemt op de schuiflat een positie in tussen de ingenieur en de kunstenaar in

De kracht van de bewuste combinatie van de ingenieurs en vormgeversbenadering is de voortdurende combinatie van analyse en synthese. Gerelateerd aan het onderwerp van deze monografie, de methodologie en de procesorganisatie van productontwikkeling, resulteert de ingenieursbenadering nogal eens in een rechtlijnige technisch-functionele verantwoording en de vormgeverbenadering daarentegen in een onnavolgbare creatie-esthetische verantwoording. De integratie van het functioneren als ingenieur en vormgever, samen met een periodieke schriftelijke vastlegging van de redeneringen en resultaten als dat nodig is, bevallen me persoonlijk zeer als een gedegen weergave van het ontwerp-proces. Nauwkeurig bijgehouden ontwerpprocessen verschaffen voor buitenstaanders inzicht en zijn tegelijkertijd een goede aanloop tot het overtuigen van de opdrachtgever of andere partijen. Je kunt ook je eigen redeneringen controleren. Speciaal in geval van terugkoppelingen en evaluaties naderhand kunnen de zwaarte en geldigheid van argumenten nogmaals gewogen worden.



FIG. 02 De centrale hal van de rechtbank in Maastricht met een glazen dakconstructie en de eerste gelijmde Quattroverbindingen, [arch. Gerard Passchier]

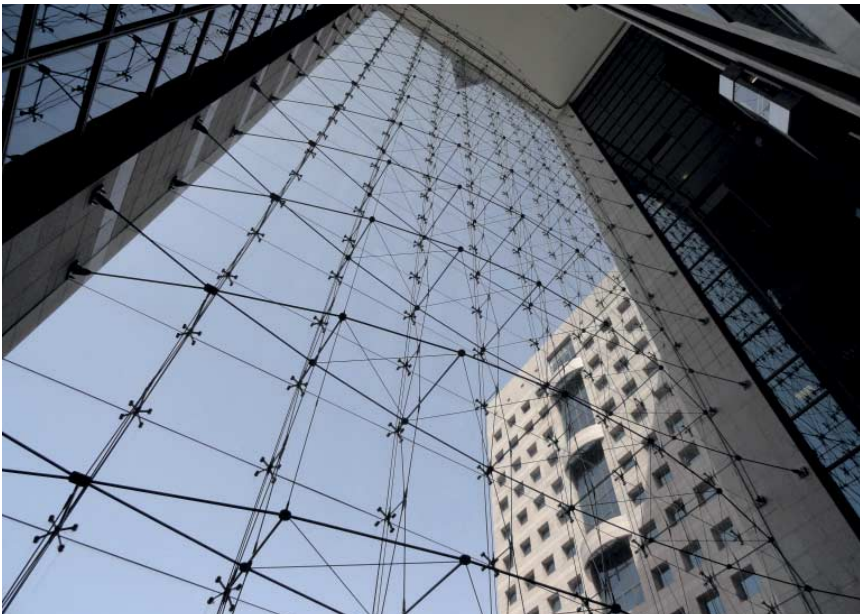


FIG. 03 De 52 m hoge en 16 m brede kozijnloze glasgevel voor het OZ gebouw in Ramat Gan, Israel. De wind wordt horizontaal afgedragen per 3,6 m op elke verdiepingvloer; het eigengewicht wordt via hangstaven naar de dakconstructie overgedragen, [arch Avram Yaski]



FIG. 04 Glazen Museumzaal Prinsenhof, Delft, geheel autonoom tussen bestaande gebouwen met gelijmde Quattroknopen in de gevel [arch. Mick Eekhout]



FIG. 05 Glazen luifel voor het Evoluon in Eindhoven 10 x 10 m² met 10 mm massief glas. [arch. Gert Grosveld]

Dat is ook de reden dat ik architect prof.ir. Herman Herzberger [1932] heb uitgedaagd om het voorwoord te schrijven. Het is van Herzberger bekend dat hij zijn gedachten bijhoudt in kleine Moleskineachtige boekjes die hij altijd bij zich heeft. Systematisch werken en dat ook optekenen, leidt vaak tot een beter ontwerpproces.

Zo ben ik ook zeer onder de indruk van de minutieus opgetekende ontwerpredenering van prof.ir.Hans Ruysenaars [1944], die op A3 formaat kennelijk op bureau zijn getekend en geschreven. Zelf heb ik ook altijd veel vellen volgeschreven en getekend in een ontwerpproces waarin de redenering gemakkelijk te volgen, te onderbreken en terug te koppelen was. Zoals veel architecten houd ik mijn gedachten in geruite Moleskine schriftjes bij.

Maar als de ontwerper op zijn bureau in meerdere projecten tegelijkertijd verzeild raakt, is het zaak het hoofd koel te houden. Optekenen is dan een goede methode. Speciaal in het geval dat meerdere processen simultaan in één hoofd in gang gehouden moeten worden is een chronologische verslaglegging en verantwoording een uitstekend communicatief middel om inzicht in het proces te verkrijgen of opnieuw te krijgen. Maar al te vaak is een ontwerper betrokken bij tientallen projecten tegelijkertijd die een adequate ordening vereisen: tienkamp schaken is een hele kunst. Dat is een zaak die vele professionele architecten bekend zal voorkomen.

De angst van menig ontwerper, dat met een systematische aanpak zoals blijkt uit het in de laatste hoofdstukken behandelde Organogram, zijn of haar creativiteit opdroogt, is ongegrond. Het is een kwestie van enerzijds discipline om het totale proces goed te volgen en anderzijds voldoende afstand te nemen om ongestoord en in volle glorie en heftigheid de creatieve momenten te kunnen beleven. Ontwerpers die weten dat ze goed kunnen ontwerpen houden hun ontwerpideeën bij zich totdat uit de analyse exact blijkt waarvoor deze ideeën nodig zijn. Het zou zonde zijn om energie te verspillen aan net het verkeerde of een verkeerd geïnterpreteerd ontwerp, hoe schitterend en opwindend deze 'verkeerde' resultaten op zich ook kunnen zijn.

Heel snel na een opdracht kun je intuïtief al een beeld voor ogen hebben van de mogelijke oplossing, bewust onderkoeld, om eerst na analytisch en methodisch werken te zien of het wel het beste beeld was. Het idee of beeld blijft echter gedurende die tijd als zekerheid in het hoofd rondzweven. Iedereen zal zo zijn eigen ontwerpmethoden hebben. Maar betreffende een methodische ontwerpaanpak geldt: vooral niet bang zijn dat het briljante idee of beeld niet komt opdagen!

Veel ontwerpers, en met name architecten, zouden terecht kunnen vrezen dat een nauwkeurig bijgehouden ontwerp en ontwikkelingsproces lijnrecht in tegenspraak is tot het mysterieuze gedoe dat zij betitelen als 'ontwerpproces', waarbij meestal het gepresenteerde curieuze mengsel van analytische en creatieve fragmenten als het ware in een zwarte doos blijft verborgen. Die zwarte doos is vaak een terechte omhulling om een haastig, incompleet ontwerpproces te maskeren. Ontwerpers zijn vaak gehaast tot het einddoel te komen. Zij ontwikkelen hun ontwerpen vaak lijnrecht vanuit een hoofdidee voor

een oplossing tot volledige uitwerking. Op goed geluk wordt als het ware een schot gelost. Het effect ervan wordt bij enige tegenwerking afgeschermd met een gemystificeerde wolligheid in taalgebruik dat maar één hoofddoel heeft: de aandacht afleiden en de toehoorders afgemat en hopeloos met zelftwijfel achter laten. Studenten vertonen ook vaak dat gedrag en worden even vaak doorgeprikt. Ontwerpen presenteren heeft vaak veel bluf in zich. En bluffen is liegen, want het is geen waarheid maar kan het wel worden. De eer van de betrokken ontwerper mag dan op dat moment zijn gered, het is maar de vraag of in het algemeen dan ook het beste ontwerp wordt gepresenteerd. Er worden nogal wat schijnbewegingen uitgevoerd die soms onkunde moeten verbergen, soms onwetendheid, vaak gebrek aan inzicht en visie (hoewel deze nogal eens 'geleend' wordt) en soms onvolkomen prestaties. Eenvoud is vaak een krachtig argument mits nauwkeurig gesteld. Maar eenvoud kan ook het resultaat zijn van een gecompliceerd proces, in tegenstelling tot de naïeve eenvoud van het eerste schot.



FIG. 06 Kozijnloze glasgevel voor en gebouw in Brussel met een trekspant ter stabilisering van de elliptische gevelstijlen (arch. Philémon Wachtelaer)



FIG. 07 Modulair (8 x 8 m²) onderspannen glasdak voor winkelcentrum Overvecht, (arch. Op ten Noord Blijdenstein)

Mystificatie is waarschijnlijk niet altijd te vermijden, maar bevordert in het algemeen niet de waardering voor het ontwerp. Het blijkt tenslotte een bevreemdende invloed uit te oefenen bij het opbouwen van het ego van de ontwerper: er is een kans dat hij (of zij) in zijn eigen mystificaties gaat geloven. Daarmee is de cirkelredenatie rond, maar de kwaliteit van het

ontwerp is er niet mee verhoogd en er is weer een kans op verbetering van de kwaliteit van het ruimtelijk ontwerp verloren.

In het ontwerpproces is vaak een rechte lijn wel de kortste, maar niet noodzakelijkerwijs de meest optimale of de beste weg om van A naar B te geraken. Veel alternatieven verdienen onderweg de aandacht. Hoe vaak is niet het optimale ontwerp een combinatie van een hoofdidee met allerlei zijsprongetjes, logische en (op het eerste gezicht) minder logische, tot aan onverwachte impulsen toe.

Kortom, het ontwerpen is voor architecten en ontwerpers deels een analytische, maar hoofdzakelijk een creatieve bezigheid, waarbij analyse en creatie en synthese wel in een juiste verhouding tot elkaar dienen te staan, elkaar dienen op te jagen in de grote speurtocht naar het beste ontwerp, en elkaar niet dienen te frustreren. Alleen het beste is goed genoeg. Gebouwen blijven veel te lang in gebruik om de ontwerpfasen routinematig af te doen met een lage kwaliteit als resultaat.

Bij de presentatie van ontwerpen en hun ontwerpprocessen door studenten komt dit euvel, zoals reeds gemeld, ook in volle hevigheid voor: onzekerheid, drogredeneringen, onkunde en gebrek aan kennis vormen vaak de ingrediënten van een vertoning niet noodzakelijkerwijs zwak zou hoeven te zijn als er een analytische onderbouwing was. Zeker voor beginners in het vak is het de moeite waard zich een eigen discipline aan te leren om meer mogelijkheden tijdens het proces te verkennen en met de beste combinaties ervan het ontwerp samen te stellen. Ook de ontwerper van bouwcomponenten ontleent zijn ontwerpkraft aan de wisselwerking tussen analyse en synthese.

De ingenieur gaat systematisch en strategisch te werk als hij een probleem moet oplossen om naar de onderliggende regels te zoeken die hem in staat stellen de juiste of optimale oplossing te vinden. Ongetuigd een drogere benadering dan tot nu toe gebruikelijk en een die nauwkeurig werken vereist. Daartegenover staat de benadering van de vormgever, die vaker en sneller een aantal oplossingen bedenkt, om deze met elkaar te vergelijken tot er een uitkomt, die de alle problemen oplost ofwel op de meest bevredigende wijze doet die mogelijk is. Ontwerpen is compromissen zoeken. Een sappige benadering van de grote greep en het weidse 'droomdenken'. De ingenieur lost zijn problemen meer op door te analyseren, de vormgever door te synthetiseren. De ingenieur peult vaker uit elkaar, de vormgever voegt liever samen.

De ingenieur gebruikt een probleemgerichte strategie, terwijl de vormgever een oplossingsgerichte strategie volgt. Het zoeken begint gewoonlijk bij het ontwarren van een Gordiaanse knoop van eisen en wensen die ten dele tegengesteld zijn, soms slecht omschreven en soms ook verkeerd omschreven. Ontwerproblemen zijn gewoonlijk niet helder genoeg omschreven om alleen via een analyse tot een oplossing te worden gebracht. Steeds vaker, nu de overheid zich uit allerlei verantwoordelijkheden terugtrekt en de projectontwikkelaar ook de aansprakelijkheden steeds verder naar beneden in de bouwpiramide verlegt, worden het vragende 'programma van eisen' en het antwoordende ontwerpen gelijktijdig ontwikkeld. Als architect moet je sterk in je schoenen staan om aan

de voortdurende wisselende eisen en vragen tegemoet te komen en je kalmte te bewaren. Maar het vormt de architect en zijn professionele improvisatievermogen. Een architect is meester in de chaos.

Daarom wordt vaak de omgekeerde volgorde gebruikt: stel een oplossing voor en controleer vervolgens of deze voldoet aan de gestelde eisen, of aanvulling heeft. Oplossing en probleem worden dus parallel aan elkaar ontwikkeld. Deze wisselwerking kan tot ontwerpen leiden die een mengvorm van beide benaderingen zijn, maar die soms ook via plotselinge invallen en hersensflitsen tot oplossingen kunnen leiden die totaal onverwacht zijn. De kracht van de bouwkundig ingenieur is dat hij de analyses voortdurend afwisselt met syntheses. Hij is immers als ontwerper zowel ingenieur als vormgever. Hij kan enerzijds een wetenschappelijke benadering bevruchten met spontane en creatieve oplossingen. Anderzijds geredeneerd kan hij een warrig proces van associatieve oplossingen verhelderen door voor een deel analytische benaderingen te introduceren.

Heel extreem gesteld kan worden gesteld dat in het geheel van de discipline van de procesontwikkeling er een anarchistische activiteit moet zijn die een heel verfrissend ongebonden, [hopelijk] nieuwe en losse kijk op het proces of het product in wording geeft. In een bouwteam gebeurt dat wel door een kunstenaar de rol van 'luis in de pels' of 'horzel' te laten spelen, de anarchist in persoon. Maar het is slechts een enkeling gegeven daarvan een beroep te maken. Dat doet niets af aan de liefde-haat verhouding tussen discipline en anarchie. Alleen de beste ontwerper kan als waarlijk autonoom denker beide benaderingen aan.

De drie 'Organogrammen' zoals die in dit boek in hoofdstuk 9, 10 en 11 worden voorgesteld, zijn een poging een gemiddeld ontwikkelingsproces te omschrijven van respectievelijk een standaardproduct, een systeemproduct en een speciaalproduct voor de bouw. Deze Organogrammen zijn als opgezet als een overallmethode om een ontwerp- en ontwikkelingsproces mee te sturen en zijn natuurlijk persoonlijk getint. Ze moeten door de lezer dan ook niet gezien worden als een heilig moeten, een strak keurslijf, maar eerder als een voorbeeld van een stelsel van logisch naast elkaar of achter elkaar te verrichten activiteiten. Die van doelstelling tot doelvervulling leiden, die als een goed werkbaar gemiddelde gezien worden door een ervaren ontwerper. In feite zijn alle processen uitwerkingen en variaties op de getoonde gegeneraliseerde organogrammen.

De gebruiker van deze monografie die een nieuw of vernieuwd bouwproduct of een gebouwcomponent systematisch wil ontwikkelen, wordt daarom aanbevolen een dergelijk schema in al zijn onderscheiden activiteiten parallel en/of serieel met terugkoppelingen voor zijn of haar onderwerp op te tekenen. Voor studenten is het goed een aantal malen een dergelijk schema te volgen totdat zij hun eigen variant van deze ontwerpmethode hebben geformeerd. Al doende zal tijdens het proces bijsturing zinvol zijn en is goed overleg noodzakelijk. Naderhand kan een logische uitleg aan buitenstaanders worden gegeven, die het proces niet van dichtbij hebben meegemaakt. Personen in de uitschrijvende functionele laag boven de ontwerper [bijvoorbeeld: opdrachtgevers, docenten] of in de inschrijvende functionele laag onder hem [bijvoorbeeld: tekenkamer, bouwers]. Het begrip voor en de

identificatie met het resulterend product wordt ermee vergroot en de informatie kan een sterkere motivatie bij alle betrokkenen in het ontwikkelingsproces en het productie- en realisatieproces erna teweeg brengen.

Het eerste [didactische] doel van het werken met een gemiddeld Organogram is de gebruiker van deze monografie een discipline aan te geven hoe een ontwikkelingsproces kan worden georganiseerd. Ieder Organogram is de neerslag van een zeer complex denkproces waarvan de flitsen en terugkoppelingen vaak zo snel gaan dat ze nauwelijks te beschrijven zijn. Daarom kan ieder Organogram alleen een versimpeling van de werkelijkheid zijn.

Bovendien zijn de besproken drie hoofdtypen van Organogrammen [standaard / systeem / speciaal] zodanig opgesteld dat meerdere producten kunnen worden ontworpen en ontwikkeld. Het voordeel van de algemene geldigheid van het gemiddelde betekent eveneens dat hier de kracht van het specifieke wordt gemist dat ingebracht moet worden met het specifieke onderwerp van de gebruiker. Hieruit volgt dat de eerste functie van het Organogram is dan de gebruiker de waarde van de discipline van de productontwikkeling aan te geven, die hij verder kan vormen tot zijn of haar eigen discipline met een eigen toonzetting.

Het tweede [functionele] doel van het werken met het Organogram is dat reeds in een vroeg stadium van het proces een overzicht verkregen wordt van de verschillende activiteiten die nodig zijn om tot het einddoel te raken om de inzet van personen, materieel en financiën rekening kan worden gehouden. Daarbij kan de communicatie tussen de vele betrokken partijen in het productontwikkelingsproces plaats vinden aan de hand van duidelijk afgeperkte en gerelateerde procesactiviteiten. Een Organogram maakt de procesvoering duidelijker bespreekbaar, hetgeen zeker in grote en complexe processen of hiërarchische organisatorische structuren een grote hulp kan zijn in de overdracht van argumenten en het onderbouwen van beslissingen.

Het derde [psychologische] doel van het werken met een Organogram is dat de ontwerper de bescheidenheid van zijn rol in het gehele proces ziet en daarbij zijn positie in het totale rollenspel kan relativiseren. Onderschat niet de positieve gevolgen van nederigheid. Het laat ook de vele noodzakelijke impulsen door derden van buitenaf [dat wil zeggen buiten de persoon van de ontwerper] zien, en daarmee de afhankelijkheden, de noodzaak tot samenwerking, van communicatie en van communicatiemiddelen.

Er zijn nogal eens studenten bij me geweest die het Organogram interpreterden als een gedwongen methodiek. Ze hadden meer moeite met de vermeende verplichte volgorde in het stappenplan dan het verkregen overzicht van het totale proces en de grotere vrijheid om tijdens het proces naar alternatieven te analyseren en te synthetiseren. Over het proces van leren van anderen en daarna op eigen benen staan, denk ik aan een gebeurtenis uit 1992. Tijdens mijn bezoek aan het bedrijf Reliance Control in Hongkong dat indertijd de agent van Octatube was. We hebben een vijftal jaren hightech glasconstructies ontworpen en gebouwd in Hongkong. Directeur van dat glasbedrijf, John Hui, bleek een

in Vancouver afgestudeerd filosoof te zijn, die noodgedwongen zijn overleden vader had moeten opvolgen. Hij was zeer geïnteresseerd in onze hightechontwerpbenadering. Hij filosofeerde ook makkelijk mee over veel onderwerpen. Hij bracht in een toevallig gesprek over het 'Deconstructivisme', waarover ik een week later een lezing zou geven, direct een toepasselijke stelling van Ludwig Wittgenstein onder mijn aandacht. Hij pakte het boek van Wittgenstein zo uit zijn boekenkast. In zijn Tractatus Logico-Philosophicus van 1923 [Ref. 29] luidt stelling 6.54 [eigen vertaling auteur]:

"Mijn stellingen dienen als toelichtingen op de volgende wijze: iedereen die me begrijpt zal ze op den duur als onzinnig beschouwen, maar alleen als hij ze heeft gebruikt als treden om boven ze uit te stijgen. [Hij moet als het ware pas de ladder weggooien waarlangs hij tot boven omhoog is geklommen]. Hij moet deze stellingen overstijgen en dan zal hij de wereld op de juiste wijze zien."

Deze wijsheid van Wittgenstein is een zeer algemene en gaat voor veel leerprocessen op. Je moet je eerst meester maken van de leerstof voor je zelf als meester kunt manifesteren en met de stof kunt manipuleren. Je moet echter niet de hoogmoed hebben halverwege de ladder af te springen en je eigen weg te zoeken, want dan val je. Studeer in alle rust en als je de stof meester bent en in het hoofd hebt, gooi dan het boek maar weg. Dan zit er een methode in je hoofd.

Het werken met een Organogram kan heel goed de communicatie in en rondom een productontwikkelingsproces bevorderen. Maar als discipline van een individueel ontwerper wordt het overbodig als de discipline van het papier naar het hoofd is verhuisd en zich daar, zoals gezegd, een persoonlijke ontwerpdiscipline heeft gevormd. Als dat moment van persoonlijk en autonoom inzicht is aangebroken, is deze monografie overbodig geworden. Dit boek is het resultaat van mijn leven lang ontwerpen én ontwikkelen én onderzoeken én leren verbeteren én van het plezier in het ontwerpen, ook omdat de resultaten zeer bevredigend zijn. Neem er de tijd voor en geniet van het grondig verwerven van een overzicht in het wezen van het productontwikkelingsproces.

Het is duidelijk dat parallel aan de drie hoofdtypen producten een dergelijk Organogram ook getekend en beschreven moet kunnen worden voor het ontwerpen van een architectonisch bouwwerk of zelfs in sommige gevallen een kunstwerk. Zeker als er voldoende complexiteit in het ontwerpproces en de materialisering aanwezig is. Maar ook het ontwikkelingsproces van een auto of een vliegtuig laat zich in principe in een methodisch proces van soortgelijke activiteiten beschrijven. Het specifieke onderwerp kan het ene organogram uiteraard zeer veel complexer, dieper of breder en uitgebreider maken dan het andere. En ook het schrijven van een boek of een dissertatie laat zich procesmatig beschrijven in identieke activiteiten. In wezen is het niets meer dan een visueel gemaakte discipline van seriële en parallelle activiteiten om van een initiële doelstelling naar een uiteindelijke vervulling van het doel te komen.

Een van de boeken waarvan de inhoud een inspirerende invloed heeft op het werken met procesorganisaties voor bouwtechnologie studenten, is het boek van Roozenburg en

Eekels, getiteld 'Productontwerpen, structuur en methoden' ^[Ref. 8], dat weliswaar gericht is op studenten van de faculteit Industrieel Ontwerpen TU Delft, maar waarvan delen toch denkbare parallellen met de ontwikkeling van bouwproducten vertonen. Dit boek geeft bovendien dankzij de jarenlange ervaring van de auteurs, een zeer veelzijdig beeld van industriële productontwikkeling. Mijn studenten op de faculteit Bouwkunde hebben het boek met plezier bestudeerd.

Andere boeken die gelezen kunnen worden zijn:

- 1 *'Integrale productontwikkeling'* Jan Buijs en Rianne Valkenburg, Boom Lemma Uitgevers, Plaats, 2005, 9059313496;
- 2 de trilogie *'Industriële productontwikkeling'* van de industrieel ontwerpers Johan Eekels en Wim Poelman, Boom Juridische uitgevers, 2001, 9051894368;
- 3 *'Ways to study'* van de bouwkundigen Taeke de Jong en Ype Cuperus,;
- 4 Taeke de Jong, *'De kleine methodologie'*, Uitgeverij Boom, 1992, 9053520163;
- 5 *'Methodisch ontwerpen'* van de werktuigbouwkundigen H. van den Kroonenberg en F. Siers, Noordhoff Uitgevers B.V. 2004, 9001509010;
- 6 *'De legolisering van de bouw'* van de civiele techniker Hennes Ridder.

Verder wordt verwezen naar de referentielijst die een groot aantal verwijzingen naar de methodologieliteratuur vanuit verschillende hoeken van de productontwikkeling bevat.



01 PRODUCTONTWIKKELING

Bouwproductontwikkeling is de verzameling activiteitenprocessen vanaf het nemen van het initiatief om tot een nieuw product te komen naar het ontwerpen, het ontwikkelen en het onderzoeken van bouwproducten, het engineeren, het gereed maken van de productie, het produceren, de assemblage in fabrieken tot en met de montage op de bouwplaats. Productontwikkeling geldt zowel voor nieuwe bouwproducten, bouwsystemen en gebouwcomponenten als gedeeltelijk of geheel te vernieuwen producten.

Over de benaming van 'bouwproducten' zijn in het vakjargon een aantal verschillende interpretaties in omloop. Hetzelfde geldt voor het begrip 'producten'. Iedereen die werkt, brengt in principe een product voort. Er valt onderscheid te maken tussen materiële producten en immateriële producten ofwel diensten. De veelheid van interpretaties is verwarrend. Door het gebrek aan eenduidigheid is het moeilijk er een wetenschapsgebied of zelfs een vakgebied op te baseren, wat het doel was van het schrijven van de eerste versie van dit boek in het kader van de leerstoel Productontwikkeling [1997]. Sinds haar inrichting anno 1992 heeft de leerstoel niet geschroomd een nieuwe definitie aan te geven en een aantal beter passende omschrijvingen van begrippen te geven die niet alleen in theorie logisch zijn, maar ook in de praktijk werkbaar en die van lieverlee in de praktijk van het ontwerpen, produceren en bouwen gehanteerd zijn gaan worden. Nu het emeritaat van de auteur een feit is gevonden, is het zaak die definities nogmaals door te nemen om ze voor de volgende generaties per boek overdraagbaar te laten zijn.

1.01 BOUWPRODUCTEN

Onder producten wordt in het algemeen verstaan voortbrengselen van geestelijke en lichamelijke arbeid en de, in het verlengde daarvan, van elektronische of digitale, van machinale of geautomatiseerde arbeid. De inhoud van een boek is het immateriële

product van een schrijver. Het boek zelf is in strikte zin het materiële product van een drukker. Het is tevens het handelsproduct van een uitgever en een boekverkoper. Een gebouwoontwerp is het intellectuele product van een architect en zijn adviseurs en een gebouw is het materiële product van de gezamenlijke producenten van onderdelen, van onderaannemers en hoofdaannemer. Aangezien de leerstoel Productontwikkeling zich vooral bezighoudt met materiële producten, laten we de geestelijke producten of diensten even als secundair. Tegelijkertijd besef ik dat het schrijven van de benodigde processen om de materiële productontwikkeling heen wel degelijk als dienstverlening kan worden gekarakteriseerd. Maar dan komt de kortsluiting. Door trots te zijn op zijn werk ziet de architect zijn gebouw als zijn product, waarin intellectueel ontwerp en materiële uitvoering samen gegoten zijn in één vorm. En de projectontwikkelaar ziet ook datzelfde gebouw als zijn product. De aannemer ook. Succes heeft vele vaders. Het wetenschapsgebied van de Productontwikkeling houdt zich echter niet bezig met het ontwerpen van het complete gebouw, maar slechts met het ontwerpen, ontwikkelen en onderzoeken van onderdelen van het gebouw. In feite zou 'Componentontwikkeling' een betere of minder verwarrende benaming zijn: componenten zijn een deel van een geheel.

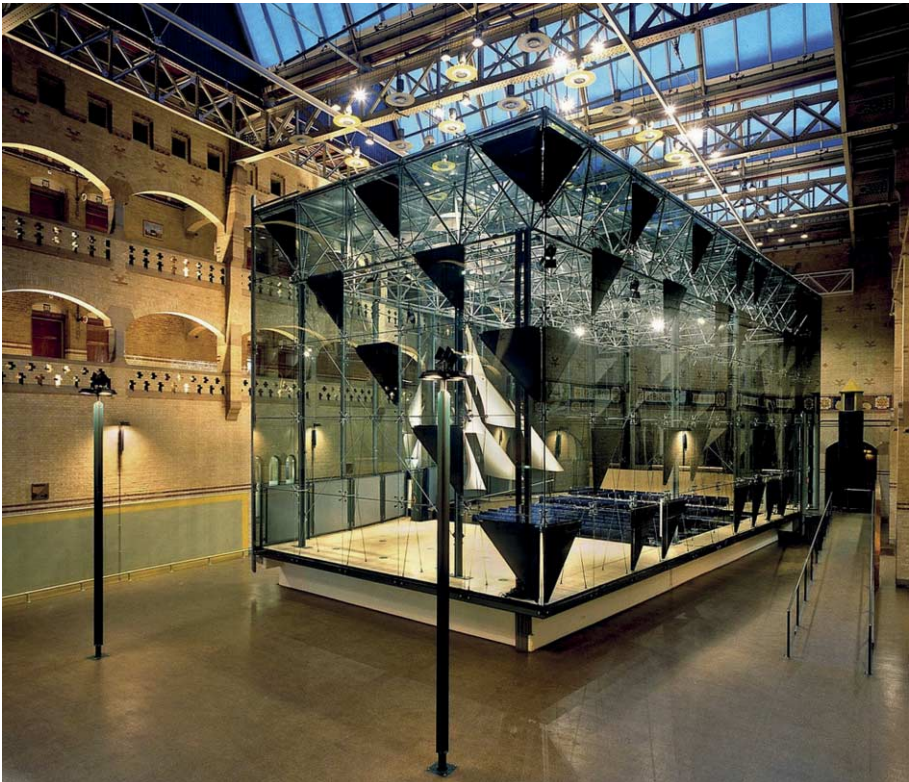


FIG. 06 Glazen Muziekzaal in de Beurs van Berlage, 1990-2014 (arch. Pieter Zaenen), inmiddels gedemonteerd om wederom opgebouwd te worden in de locomotievenhal in Tilburg in het toekomstige cultureel centrum

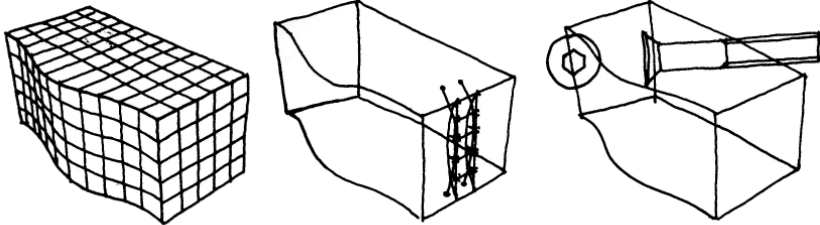
Het gebouw als totaalproduct is opgebouwd uit een groot aantal onderdelen die elk vervaardigd zijn door gespecialiseerde producenten in hun werkplaatsen en fabrieken. Die onderdelen of componenten worden op de bouwplaats samengevoegd door monteurs en afwerkers totdat het gebouw als technisch artefact gereed is. Om de verwarring rondom het begrip 'bouwproducten' te vergroten wordt nauwelijks onderscheid gemaakt tussen het niveau van gereedheid van de onderdelen. In het hedendaagse bouwproces worden bouwproducten met geheel verschillende graden van compleetheid verwerkt. Het ene extreem is vormloos vloeibaar beton zonder wapening dat vanuit een industriële, maar nog mixende betonmolen moet worden gestort. Bakstenen als industrieel vervaardigde elementen die op de bouw nog met de hand moeten worden gemetseld tot muren en wanden. Geprefabriceerde borstweringen met spouwbladen van gewapend beton en prefab metselwerk inclusief isolatie en ankers kennen al een iets grote graad van opbouw van materiële elementen tot een montage gereed component. Die industrialisatiegraad neemt toe tot de compleet geassembleerde gevelmodulen van 3,5 x 7,2 m, geassembleerd in de fabriek inclusief glaspanelen, die kant-en-klaar tegen het betonskelet gebouwd worden en daarna afgedicht in de aansluitingen. En al die verschillende graden van compleetheid kunnen door elkaar gezien worden op een bouwplaats. In alle genoemde onderdelen komt wel het aspect industrialisatie als een hoge graad van productkwaliteit naar voren, maar steeds op een andere wijze. Dat is verwarrend.

Om inzicht te krijgen zullen we grip moeten krijgen op de verschillen in niveaus van samengesteldheid, compleetheid, kwaliteit, productiefrequenties, producent en of consumentgerichtheid. Om de spraakverwarring te verkleinen volgen hierbij een aantal definities en omschrijvingen.

Maxiproducten in de architectuur zijn gehele gebouwen als technische artefacten, hele producten. Gebouwen hebben een maximale graad van samengesteldheid. Elk gebouw bestaat uit duizenden onderdelen, waaronder vele verschillende bouwproducten. Men kan over 'gebouwproducten' praten, gebouwen als producten, als resultaat van drager en inbouw met variabele afschrijvingen van ruwbouw en afdichtingen zoals decaan John Habraken dat sinds de oprichting van de faculteit Bouwkunde TU Eindhoven dat sinds 1963 propageerde. En zoals de SAR dat in Nederland populariseerde vanuit een filosofie naar de veranderbaarheid van gebouwen. Maar ook bij hoofdaannemers en projectontwikkelaars is het logisch te spreken over bouwproducten. Zij verhandelen, respectievelijk bouwen gehele gebouwen.

Miniproducten in de bouw zijn de kleinste monomateriële onderdelen die in vorm zijn gebracht om specifiek te gaan functioneren in grotere assemblages. Een voorbeeld zijn bouten en moeren, de producten van een boutenproducent. Bouten zijn elementen. Een onverzinkte bout is een subelement, een verzinkte bout een element. Een bout, een moer en twee ringen vormen samen met de twee te verbinden boutgaten een functioneel geheel: een superelement. Zowel de maxiproducten als de miniproducten zijn de moeite van het bestuderen waard. Deze monografie is speciaal gewijd aan bouwproducten tussen deze twee extreme niveaus van grootte in. Want gebouwen zijn normaliter het domein van de architecten en elementen zijn het domein van de producenten.

Onder mesoproducten of bouwproducten tussen mininiveau en maxiniveau verstaan we zelfstandig te beschouwen onderdelen van gebouwen die ofwel op de bouwplaats worden vervaardigd, ofwel buiten de bouwplaats en die in al of niet gereede vorm van [sub] assemblage vervoerd worden naar de bouwplaats om daar te worden geassembleerd, gemonteerd en geïnstalleerd.



Maxi: Glazen muziekzaal

Meso: Gehangen glaswand

Mini: Bout

FIG. 09 Maxiproducten, mesoproducten en miniproducten, afhankelijk van schaal en complexiteit

Het wetenschapsgebied van de Productontwikkeling houdt zich zowel bezig met 'off-site' als met 'on-site' gemaakte producten. De leerstoel Productontwikkeling TU Delft heeft voornamelijk haar belangstelling gericht op 'off-site' producten en alleen aan 'on-site' producten indien er nieuwe en innovatieve aspecten aan de productie verbonden zijn. Zie het laatste hoofdstuk over de sandwichdaken van het Rabin Center die in hoge mate geprefabriceerd werden, maar tevens op een essentiële wijze constructief moesten worden verbonden 8 'post-fabricage'.

Vanwege de noodzakelijke concentratie aan mankracht maal tijdsbesteding komen geen bouwproducten aan bod die al door andere leerstoelen worden behandeld zoals metselwerk, staal-, beton- en houtconstructies en installaties, zelfs niet in hun hightechuitvoeringen zoals voorgespannen metselwerk, hogesterktebeton of gelamineerd hout.

Met de installatie van collega Jos Lichtenberg [2004] op de leerstoel Productontwikkeling TU Eindhoven werd afgesproken dat Delft zich meer zou richten op speciale systemen en componenten en dat leerstoel Productontwikkeling in Eindhoven zich meer zou richten op standaardsystemen en standaardproducten.

Het stadium waarin het product verkeert tijdens het transport naar de bouwplaats (als overgang van de fabrieksomgeving naar de bouwplaatsomgeving), is bepalend voor het niveau van compleetheit van het product en dus voor de erkenning als mesobouwproduct. Voorbeelden van bouwproducten in verschillende fasen van hun compleetheit door bijvoorbeeld hun verschillende afmetingen zijn:

- een stalen ruimtevakwerk wordt aangevoerd in de vorm van losse geprefabriceerde buizen en knooppunten (componenten), moeren en bouten (elementen). Vanwege het grote transportvolumen worden deze onderdelen compact gestapeld en vervoerd. Het ruimtevakwerk moet eerst op de grond of op een plat vlak worden geassembleerd tot een groot constructief dakvlak en vervolgens door kranen verticaal worden opgehesen en op de kolommen en ankers gemonteerd. Op de bouwplaats wordt alleen geassembleerd door middel van boutverbindingen. Lassen is een productiemethode die het liefst alleen in de fabriek wordt gebruikt, vóór de conservering. Het vermijden van laswerk op de bouwplaats leidt tot preassemblage in werkplaats / fabriek en finale assemblage op de bouwplaats.
- een compleet metalen buitenkozijn. Dat behoeft alleen te worden gemonteerd en waterdicht afgewerkt.



FIG. 10 Space frame is Tuball system voor een hal op Dubai Airport, geëngineerd in Nederland, geproduceerd door Octatube India pte ltd



FIG. 11 Gevel in een geïsoleerd stalen systeem voor het eigen woonhuis in Delft

In kleine projecten zijn het kozijnen zonder glas, maar in de utiliteitsbouw van kantoren zijn het vaak compleet gepreassembleerde units, die alleen langs de randen vastgebout en afgekit hoeven te worden. Er wordt in de bouw ook met compleet beglaasde gevelmodulen gewerkt, zeker voor hoogbouw en bouwen in de binnenstad, waar bouwsnelheid van eminent belang is.

Vroeger werden aluminium gevelpuilen heel vaak in de vorm van aparte stijlen en regels op het werk aangevoerd en daar eerst in elkaar gezet [geassembleerd]. Momenteel is de graad van fabrieksmatige pre-assemblage hoger en is de montage voortgang sneller en de benodigde arbeid ervoor simpeler. In de fabriek is nu eenmaal de kwaliteit beter te controleren en dus vaak van betere kwaliteit dan op de bouwplaats.

Een verwarmingsketel is een compleet product en hoeft alleen te worden geïnstalleerd: opgehangen en aangesloten op de aanvoer en afvoerleidingen. Het product is als complex standaardproduct compleet geassembleerd en getest in de fabriek en zelfs voorzien van een fabriekscertificaat.

De dakpannen van de traditionele bouw kunnen worden gezien. Ze worden naar de bouwplaats vervoerd in hun herkenbare vorm en op de bouwplaats alleen uitgelegd, respectievelijk vastgeschroefd. Uit diezelfde traditionele bouw komen ook de bakstenen en betonstenen die als bouwproducten duidelijk herkenbaar zijn maar de essentiële verwerking van het vermetzelen of verlijmen nog moeten ondergaan voor we kunnen spreken van het bouwcomponent van de metselwerkmuur of -wand. Metselstenen zijn dus voor ons in feite microproducten of elementen. In het kader van de toenemende industrialisatie zullen we in toenemende mate geneigd te zijn om elementen als bakstenen, betonstenen, gipsblokken, kalkzandsteenblokken en glazen bouwstenen als elementen of microproducten te zien en het (meso) bouwproduct daarvan de gemetselde wand. De metselaar als onderaannemer wordt steeds meer betaald voor het kant en klare product van de compleet afgewerkte verticale wanden en steeds minder als de toegevoegde arbeider die van stenen en specie tussen de metselprofielen van een timmerman wanden optrekt, die daarna door een voeger of stukadoor worden afgewerkt. In de traditionele bouw wordt dus ook steeds meer componentgewijs gedacht. Reden te meer om de metselwerkmuur als product te zien. Dat houdt overigens niet in dat er niets aan microproducten te ontwikkelen zou zijn! Vaak ligt in een logistieke procesverbetering van die deelproducten met een lang bouwverleden het geheim van een wezenlijke stap voorwaarts.



FIG. 12 Gevel van het sociale woningbouwcomplex de Zwarte Madonna 1985-2007 (arch. Carel Weeber) in beton met tegelwerk en kunststof kozijnen, inmiddels gesloopt



FIG. 13 Gevel in keramische gevelpaneeltjes van het Cultureel Centrum TU Delft (arch. Vera Janovshchinsky)

Om na deze uitleg verwarring te voorkomen moet ik vermelden dat de leerstoel Productontwikkeling tussen 2008 en 2012 haar onderzoek voor een groot deel heeft gericht op de ontwikkeling en realisatie van de Concept House Prototype, als eerste prototype geplaatst in de Concept House Village in Heijplaat, Rotterdam. Het is een enkel (rechthoekig

7,5 x 15 x 3,5 m] appartement van een Urban Villa van 16 appartementen, gestapeld in vier lagen. Het is een prototype van een deel van een gebouw, als technische samenbouw van vele elementen en componenten van geheel verschillende aard. Als zodanig is het een voorbeeld van productontwikkeling van de componenten en van het integreren en coördineren van de componenten tot een bewoonbaar prototype als een werkend artefact. Het wordt hier vermeld omdat het de hoogste schaal is die vanuit het wetenschapsgebied van de Productontwikkeling kan worden bewerkt, zonder zich te begeven op het domein van collegaleerstoelen van de technische architectuur. Over dat proces is in 2013 het wetenschappelijk verslag als boek uitgegeven 'Concept House, de ontwikkeling en realisatie van Concept House DELFT Prototype'^[Ref. 37], dat inmiddels ook naar het Engels werd vertaald.



FIG. 14 Concept House DELFT Prototype gerealiseerd als industrieel gemaakte, energiepositieve woning met een extreem lage ecologische voetafdruk als stapelbaar proefappartement van een Urban Villa met 16 appartementen in 4 woonlagen, als onderzoeksresultaat van de leerstoel Productontwikkeling, gerealiseerd dankzij 10 industriële partners en 30 sponsors

‘Innovation boosted by industrialisation’. ‘Industrialisation boosts innovation’. De lucht is zwanger van innovatiegeklets en allerhande goedbedoelde politieke pogingen daartoe. Maar het helpt in het algemeen nog niet veel in de bouw. Geen enkele minister heeft werkelijk belangstelling voor de bouw, zeker nu ze sinds 2008 langzamerhand van hypotheekcrisis in een bouwrecessie is beland die nog wel enkele jaren zal aanhouden. De bekende Innovatieplatforms van de achtereenvolgende kabinetten Balkenende hebben in de bouw geen versnelling van innovatief denken aangebracht.

Tussentijdse pogingen om innovatief toekomstgericht onderzoek te doen op het gebied van de gebouwde omgeving en de bouw vanuit de 3TU.Bouw heeft weliswaar in 2109 geleid tot een visionair masterplan ‘Bridging the gap’ van het 3TU Speerpunt Bouw [www.speerpuntbouw.tudelft.nl]. Daarnaast werd er ook in 2010 een 3TU Speerpunt Bouw Leerstoelenboek gemaakt, waarin alle 80 bouwleerstoelhouders met hun missies en activiteiten zijn vermeld. Ook downloadbaar vanaf dezelfde website. Speciaal voor het domein van de Bouwproducten werd er een aparte brochure vervaardigd met de titel ‘3TU. Bouw[producten], eveneens downloadbaar en onderschreven door de 10 Nederlandse bouwproduct-hoogleraren van de 3TU.Bouw. Die hoogleraren hebben overigens een gemiddelde aanstelling van 0,5 fte, en besteden nog maar een derde van hun tijd aan onderzoek, naast onderwijs en organisatie, dus de beschikbare hoeveelheid man-inzet vanuit die hoogleraren is hoogstens 1,5 fte. Anderhalve man en een paardenkop. Maar des te duidelijker dienen zij om te gaan met hun missie: het vakgebied te stimuleren, het werkveld voor te gaan en te enthousiasmeren voor hun taken in de toekomst. Vandaar ook mijn schrijfdrift. Colleges, lezingen, publicaties, niet alleen overal in de wereld op wetenschappelijke congressen maar ook in Nederlandse vakbladen, optreden in publieke debatten tot en met bezoeken aan de directievertrekken van grote bouwproductinternationals.

In die plannen werden de deuren van de bouwfaculteiten wagenwijd opengezet voor de bouwindustrie. Samen onderzoeken en ontwikkelen. De 3TU Bouw zou haar kennis en inzicht heel goed kunnen valoriseren naar de maatschappij, zeker nu de bouw in een benarde positie verkeert. Wellicht zou de 3TU.Bouw de moed kunnen hebben om aan te geven hoe men over de recessie heen kan springen. Het enthousiasme werd niet overgenomen door de vier Nederlandse bouwdecanen. In huis wordt er ook een strijd tussen fundamentele wetenschappers en toegepaste ontwikkelaars. Het ziet ernaar uit dat de fundamentalisten in de komende tijd de deur naar de valorisatie weer dicht hebben gedaan. De 3TU.Bouw heeft een aarzelende start gemaakt in oktober 2012 als ‘3TU.Bouw Centre of Expertise for the Built Environment’. Als het in het Engels gaat, zijn de wetenschappelijke belangen van de TU’s prominent en zal het over de Nederlandse industrie heen schieten [[Zie www.3TU.Bouw.nl](http://www.3TU.Bouw.nl)]. Ondertussen zorgden de fundamentalisten op onderzoeksgebied ervoor dat in het voorjaar van 2013 de decaan van Bouwkunde TUE besluit haar afstudeerrichting Bouwtechniek, waaronder begrepen Uitvoeringstechnologie en Productontwikkeling te stoppen, vanwege het gebrek aan fundamentele

onderzoeksresultaten. De varkenscyclus tussen valoriseren naar de industrie en fundamenteel onderzoek voor de naam van de universiteit lijkt eeuwig. Maar nu blijkt dat er na 2016 noch op TU Delft noch op TU Eindhoven een leerstoel Productontwikkeling zal zijn.

De vereniging Boosting opgericht in 1988 door een klein aantal enthousiaste architecten, ontwerpers en producenten, heeft in de 25 jaar van haar bestaan de industriële bouwwereld willen veranderen in de richting van meer industrialisatie. Die verandering heeft zich ook voltrokken. Zij neemt met de kennis en inzichten uit het verleden het initiatief om met hetzelfde bravoure te gaan verkennen wat de toekomst van de industriële bouw over 25 jaar zal zijn. Ze klappen de ervaringen uit het verleden als het ware als een loopplank naar de toekomst om. De denktrant is om te verkennen hoe de maatschappij eruit zal zien over 25 jaar, ongeveer in 2040, welke behoeften er dan zijn met betrekking tot de gebouwde omgeving, welke veranderingen er dan in gebouwen moeten plaats te vinden, welke taken daarvan voor de bouwindustrie worden afgeleid moeten worden en wat de rol van de industrialisatie van de materialisatie dan zal zijn. Zie 'Glimpses of the future' [Ref. 33].

In onze samenleving worden voortdurend nieuwe ideeën geboren en uitgewerkt. Deze nieuwe ideeën worden naar voren gebracht om bestaande zaken te vervangen. Ook de bouw, die als nijverheid en industrie maar moeizaam in beweging te krijgen is, ontkomt niet aan vernieuwingen. Allerlei tendensen worden daarbij zichtbaar als veroorzakers van die vernieuwingen. Er zijn vele invloeden [maatschappelijke, sociale, politieke, financiële, architectonische] waar we verder niet op in zullen gaan, hoewel ze direct of indirect van invloed zijn. Één van de tendensen die ons wel interesseert, is het ontwerpen en ontwikkelen van nieuwe bouwcomponenten, waarmee gebouwen kunnen worden samengesteld. Dat gaat samen met een toenemende graad van industrialisatie met een vijftal gevolgen:

Veel van de arbeid op de open bouwplaats wordt verplaatst naar geconditioneerde werkplaatsen en fabrieken waar met behulp van machines en efficiëntiebevorderende installaties de productie sneller en doeltreffender kan geschieden.

De kwaliteit van producten kan worden gecontroleerd, gegarandeerd en verhoogd, hetgeen rechtstreeks ten goede komt aan de totale kwaliteit van gebouwen. De prijs van de bouwproducten zal dalen door grotere seriematige of massaveraardiging in plaats van handvervaardiging, stuksgewijs of in kleinere series. Er kan optimaal gebruik gemaakt worden van materialen en halffabricaten zodat afval tijdens de industriële productie geminimaliseerd wordt. Tijdens de montage op de bouw zijn er alleen aansluitmaterialen en verpakkingen waarmee rekening gehouden moet worden.

De belasting die de bouw pleegt op het milieu kan in de toekomst (over een generatie) verder verminderd worden als nieuwe bouwproducten demontabel zijn en hergebruikt kunnen worden. Het zou goed zijn als de ontwerper hiermee rekening wil houden; het liefst als complete bouwdelen of componenten, die daarvoor een 'outlet' of portal nodig hebben als een soort www.Bouwmarktplaats.nl, waar componenten van gebouwen te koop zouden kunnen worden aangeboden en verhandeld.

Toelichting: Bouwkundig ingenieur Nicole Peeters heeft dat in 2000 in haar afstudeerscriptie 'Demontabel Bouwen als kans voor milieubewuste huisvestingsconcepten' uitgewerkt [Ref. 34]. De actuele materialen en componenten kunnen opgeslagen worden over het gehele land. Internet, prijzen, afmetingen, kwaliteit en transport vormen belangrijke factoren in de uitwerking van dit langzamerhand onvermijdelijke idee [www. Bouwmarktplaats.nl](http://www.Bouwmarktplaats.nl). Die neergaande lijn van hergebruik betekent een opgaande lijn van kapitaalvernietiging, van gebouwen, componenten, elementen en verkrumming van materialen. Hoe meer men een gebouw intact houdt, hoe minder kapitaal er vernietigd wordt. Hergebruik van een gebouw betekent vaak met mineurs aanpassingen 60 tot 80% van het geïnvesteerde kapitaal behouden. Als het gebouw gestript wordt en in onderdelen verkocht, dan is het niveau van kapitaalbehoud wellicht nog 20 tot 40%. Komt men op het niveau van vergruizelen dan blijft er maar 5 tot 10% van het kapitaal over. Hergebruik is in dit opzicht dus logischer dan afbreken en nieuw bouwen. Maar we komen nu in een geheel ander domein met een mijnenveld van overwegingen die raken aan kapitaalinvesteringen, rendement, leegstand en andere politiek / economische overwegingen.

Een saillant voorbeeld van demontage en complete remontage is de Glazen Muziekzaal die medio 2014 werd gedemonteerd en opgeslagen. Na wat druk van de originele auteurs Kees Spanjers en Mick Eekhout is er een tender georganiseerd, als gevolg waarvan de Glazen Zaal weer opgebouwd zal worden in de Tilburgse Loc-Hal voor cultureel gebruik.

Terug naar de begrippen. Om verwarring van de in de praktijk gehanteerde omschrijvingen een samenhangend taalgebruik te betreffende productontwikkeling en de bereikte graad van industrialisatie van het bouwen te voorkomen, is het goed tot een stelsel eenduidige omschrijvingen of definities te komen. Daarmee kan intern in de bouwkundige opleidingen zonder spraakverwarring worden gewerkt en in de communicatie naar de bouwpraktijk in binnen- en buitenland kan worden overgenomen. Het gaat ons niet alleen om de theoretische omschrijving maar ook om de praktische hanteerbaarheid van de begrippen, tenminste in het komende decennium. Die begrippen worden in vier categorieën gegeven:

- Omgeving [traditioneel, prefabricage of industrialisatie]
- Type [standaard, systeem en speciaal]
- Complexiteit [van grondstof tot gebouw]
- Frequentie [van unicum tot massa]

1.03 PRODUCTIEOMGEVING

We beginnen te omschrijven wat in de omgevingscategorie de begrippen inhouden van 'traditionele bouw', 'prefabricage' en 'industrialisatie'. Zijn we in de bouw bezig met industrialisatie of moeten we ons tevreden stellen met prefabricage? Hoe gaan we om met de grotere invloed van de consument bij de vervaardiging van bouwproducten door middel van flexibele industrialisatie, beter bekend onder het begrip prefabricage? De

ontwikkelingen in de richting van industrialisatie gaan snel, de diversiteit in de vraag groeit eveneens, mede doordat projectarchitecten steeds andere bouwcomponenten wensen. De huidige recessie in de bouw, de 7 magere jaren na 2008, zullen met hun grote uitstroom van ontwerpers en bouwvakkers wellicht leiden tot een opleving van de traditie, het handambacht, de kleine klusser in plaats van de grootschalige gang naar de industrialisatie, maar dat zal een tijdelijk fenomeen zijn. De industrialisatie in de bouw gaat langzaam en met hobbels, maar is onvermijdelijk.

BOUWPLAATSPRODUCTIE 1

Onder de traditionele bouw wordt een bouwproces verstaan waarbij de productie en de uitvoering zich grotendeels op de bouwplaats afspelen met in hoofdzaak ambachtelijke middelen. Daarbij is wel sprake van rationalisatie, maar in geringe mate van prefabricage en industrialisatie in de aangevoerde elementen en materialen. Voor verschillende bouwmarktsegmenten (woningbouw, kantoren, utiliteitsgebouwen, private woningen) is de overgang van die traditionele bouw naar een meer industriële werkwijze op een ander tijdstip ingezet en verschillend doorgevoerd.

Daartegenover staat als het andere extreem het verbouwen van een kleinschalig gebouw zoals een woning, wat gewoonlijk nog volkomen traditioneel en met de hand geschiedt, met alle krioelende ambachten van dien. De woningbouw in Nederland was tot vlak na de tweede wereldoorlog traditioneel, voordat men in de wederopbouw startte met de overheidsstimulans tot 'Rationalisatie' (dat wil zeggen: arbeidsbesparende, in logistiek opzicht geoptimaliseerde traditionele methoden op de open bouwplaats). Met Rotterdam als voorbeeld in haar naoorlogse 'Wederopbouw'.

In Rijswijk (Z.H) werd er in twee decennia vanaf 1952 onder leiding van burgemeester Archibald Boogaardt die van een dorp een moderne stad gemaakt. Onder zijn bezielende leiding ontstond in de jaren 50 en 60 een enorme gemeente Rijswijk nabij Den Haag. Nu zijn die gebouwen aan een upgrading toe, maar toen was Rijswijk het imago van rationalisatie. Het hoofdkantoor van de HBG (nu onderdeel van BAM) stond in Rijswijk en vandaar uit werden ook de bekende geëxtrudeerde kantoortorens in een 'jack-block' systeem ontwikkeld. In wezen een opvijzelsysteem, waarbij het bouwen van het betonskelet niet bovenop plaats vond met open bouwkransen, maar onderop in een gestabiliseerde kelder. Elke nieuwe verdieping onderop het skelet werd als het ware omhoog geduwd. Gebouwen rond het Rijswijkse winkelcentrum In de Boogaard, twee ministeries in Den Haag en het Westraven kantoor van Rijkswaterstaat in Utrecht getuigen daarvan.

Gemakshalve wordt er vanuit gegaan dat de toenmalige stand van de techniek praktisch nog geheel ambachtelijk was, met wellicht als enige uitzondering de in de werkplaats geprefabriceerde componenten zoals houten kozijnen en trappen. In de traditionele machinale timmerwerkplaats werden deze houten werkstukken dus ook al in een geconditioneerde en efficiënt machinaal uitgeruste productieomgeving vervaardigd. In deze werkplaats werden baksteenvloeren gemetseld om als prefab badkamervloeren te worden

ingehesen tussen houten balklagen, in de tijd dat betonnen vloeren nog geen economische usance voor grondgebonden woningen waren, zeg maar eind jaren 70.

PREFABRICAGE 2

Onder prefabricage verstaat men het na opdracht elders (buiten de bouwplaats) vervaardigen van bouwcomponenten, bouwdelen of zelfs van gehele gebouwen bestaande uit verschillende bouwcomponenten, die naar de bouwplaats worden vervoerd om gemonteerd te worden tot ze als een gebouw, een technisch artefact zijn samengevoegd. Soms is de methode van werken nog tamelijk 'traditioneel' (hier in de betekenis van een laagtechnologische werkomgeving), maar dan in een fabriek uitgevoerd. Het kan ook verder in de richting van de industriële vervaardiging gaan. De financiële efficiëntie is daarbij doorgaans van doorslaggevende betekenis. 'Prefabricage' is een typisch bouwkundige term, alleen maar te verklaren vanuit een sterke openbouwplaatstraditie. Voor een producent is het een tamelijk onzinnige term. Er bestaan immers geen prefabrikanten. Vanuit de producenten zijn de activiteiten op de bouwplaats te zien als 'postassemblage' en 'postmontage'. Zo kijken mogelijk aannemers naar 'prefabricage' en fabrikanten naar 'postassemblage' en ze bedoelen hetzelfde.

Er is een subtiel verschil tussen fabrikanten en producenten. Fabriceren betekent vervaardigen of aanmaken van producten. Maar fabriceren heeft in het Nederlands ook de enigszins denigrerende associatie van knutselen, met moeite voor elkaar krijgen. Een complot wordt ook gefabriceerd. Produceren heeft dezelfde betekenis van vervaardigen, maar zonder negatieve nevenbetekenissen. In de praktijk wordt produceren gebruikt voor iedereen die iets voortbrengt en speciaal voor het in massa produceren. Fabriceren is gewoonlijk gereserveerd voor producenten die producten uit kleinere elementen tot grotere of meer complexe componenten door middel van assemblage vervaardigen.

Uit overwegingen van efficiency, kwaliteit van het product en kwaliteit van de arbeid worden in toenemende mate de werkzaamheden op de bouwplaats verlegd naar fabrieken en werkplaatsen. Daar worden de betreffende elementen en componenten van het gebouw met behulp van machines en automaten als unica, multipels, in kleine, middelgrote, grote series of in massa met een hoge kwaliteit en onder goede klimatologische condities vervaardigd. De vervaardigde elementen worden samengesteld tot subcomponenten en componenten. Deze worden daarna naar de bouwplaats getransporteerd eventueel daar of in een veldfabriek tot grotere componenten geassembleerd en vervolgens direct met behulp van een kraan op de aanwezige achterconstructie gemonteerd, tot een geheel bouwdeel gereed is.

Er is een essentieel verschil tussen prefabricage en industrialisatie. **Prefabricage van bouwcomponenten vindt plaats na bestelling** van deze componenten voor een specifiek gebouw en wordt dus pas uitgevoerd nadat het gebouwwontwerp is afgerond en alle (of voor de bestelling een voldoende aantal) bouwonderdelen nader zijn gespecificeerd. Het maakt daarbij niet uit of het ontwerp van het onderdeel in principe al gereed was en

dat slechts de afmetingen moesten worden bijgesteld respectievelijk enkele variabelen moesten worden bepaald, of dat het desbetreffende onderdeel geheel moest worden ontworpen. Een essentiële eigenschap voor prefabricage in de bouw is dat de productie plaats vindt na de aankoop. Productie buiten de bouwplaats is voor prefabricage wel een eigenschap, maar niet uniek, omdat deze ook van toepassing is op de massaproductie, bijvoorbeeld van bakstenen.

INDUSTRIËLE VERVAARDIGING 3

Onder industriële vervaardiging verstaan we een productiemethode waarbij de volgende acht aspecten kenmerkend zijn:

- Hoogwaardige technologie en productiedoelstellingen;
- Optimale geschiktheid voor seriematige productie;
- Optimaal op productie afgestemde procescondities;
- Volledig geplande en geprogrammeerde procesgang;
- Goede oriëntatie op de markt;
- Gerichtheid op productinnovatie;
- Optimalisatie van arbeid, materiaal, productiemachines;
- Optimalisatie van prijs/kwaliteit ratio.

Onder die condities is de Nederlandse kassenbouw de enige volledig geïndustrialiseerde bouwindustrie. De kassenbouw komt in wezen voort uit de glazen bouw van kassen van de 19e eeuw met als icoon het Crystal Palace in Londen [1851], gestimuleerd door een hedendaagse drang naar efficiency en kostprijsverlaging. Men kan stellen dat de huidige Westlandse kassenbouw bijna [op de montage na] volledig geïndustrialiseerd is. De vierkante meterprijs voor grootschalige toepassingen van kassen [of warenhuizen zoals de Westlanders zeggen] is navenant laag: een complete kas, inclusief fundering en luchtramen, waterdicht opgeleverd en gebouwd naar de vigerende normen, kost circa 50,= Euro/m² grondoppervlak. Mijn vader eerst en mijn broers later waren ook kassenbouwers. Zij bouwden superstandaard en uiterst economisch, terwijl de verkoopprijs van glazen gevels en daken van hun broer Mick tussen de 500,= en 1.000,= Euro/m² oppervlak ligt, overigens ook economisch in de [inter]nationale concurrentie.

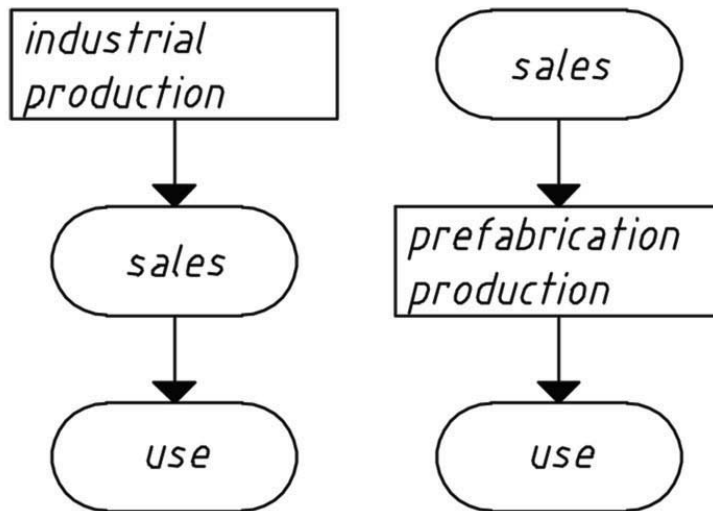


FIG. 15 Industriële productie vindt plaats **vóór de verkoop**. Prefabricage vindt daarentegen plaats **na de verkoop** of het contract tot productie

INDUSTRIALISATIE 4

Men spreekt van industrialisatie als bouwcomponenten geheel ontwikkeld en in alle eigenschappen inclusief afmetingen zijn bepaald en in principe machinaal of automatisch vervaardigd worden via een industriële productiemethode (dat wil zeggen gebaseerd op massaproductie en arbeidsdeling) in een geconditioneerde omgeving. Opmerkelijk is dat deze **industriële productie vindt plaats vóór de verkoop**. Dus voordat het ontwerp van het gebouw van toepassing gereed is. Essentieel zijn dus de machinale vervaardiging in een fabriek en het vervaardigen vóór het verkopen. Bakstenen worden industrieel vervaardigd. Maar het handmatige vermetzelen tot metselwerkmuren maakt van het product bakstenen als eindproduct nog niet een geïndustrialiseerd product. Dan zou het vermetzelen met robots of automaten moeten plaats vinden, zoals in de auto-industrie.

Voor de projectarchitect betekent een geïndustrialiseerd gebouwontwerp samen stellen uit industrieel vervaardigde of industrieel te vervaardigen componenten, dat er keuzen moeten worden gemaakt uit in de handel beschikbare bouwproducten (beperkte keuze uit een productassortiment of -catalogus) en dat deze bouwproducten in relatie tot elkaar ruimtelijk bestemd moeten worden. Zelf kunnen deze bouwcomponenten slechts minimaal worden veranderd, tenzij ze als handelsmateriaal of halffabricaat worden gebruikt en door derden worden verwerkt. Voor gebouwen is dit gewoonlijk alleen van toepassing als de betreffende producten in massa vervaardigd en verkocht worden, bijvoorbeeld: bakstenen, tegels, binnendeurkozijnen, deuren, deurbeslag, keukenelementen, radiatoren en dergelijke producten. In het algemeen zijn dit kleinere bouwproducten.

Een volledig 'industriële vervaardigd' gebouw moet geheel zijn opgebouwd uit reeds vervaardigde (catalogus) producten. Als bekend voorbeeld hiervan geldt het woonhuis van Charles Eames uit 1949, waar het niet helemaal is gelukt ondanks de pretentie. Dit ontwerp werd in die tijd wel uitgedragen als 'component designed', samengesteld uit catalogusproducten. Hoewel het principe van industrialisatie in onze interpretatie 'industriële vervaardigen vóór het verkopen' is, kan het ook zijn dat bepaalde producten nog moeten worden geproduceerd omdat de voorraad op is of omdat men een 'net-op-tijd' productie nastreeft waarbij de investering- en rentekosten worden geminimaliseerd. Er is een kleinere hoeveelheid of minder lang voorraad. Dat maakt voor de definitie geen essentieel verschil, mits de koper geen invloed heeft op de uitvoering van de individuele onderdelen, alleen op de plaatsing (topologie) en de samenvoeging van de onderdelen tot een geheel.

Als voorbeeld neme men het kiezen van keukenkastdeurtjes met een bepaalde kleur uit een standaard reeks, die moeten worden gemaakt na bestelling: geen afwijking van het geschetste principe van industrialisatie. Hoogstens kan men zeggen dat de voorraad onvoldoende is om direct vanaf de showroom te verkopen. Er is wel een afwijking van gebruikelijke graad van industrialisatie indien een van de catalogus afwijkende kleur zou moeten worden aangebracht. Dan spreken we weer van 'prefabricage' met betrekking tot de kleurafwerking op een verder industrieel geproduceerd kastdeurtje. Het aanrechtblad wordt dus geprefabriceerd, terwijl de kastjes en kastdeurtjes industrieel worden vervaardigd.

De keuze van de componenten en de plaatsing van de componenten in het geheel van het bouwdeel kan het ontwerp, industrieel of geprefabriceerd, dan wel een mengvorm (zoals het in deze tijd gebruikelijk is), spannend en interessant maken. Het op een eigenzinnige wijze toepassen en plaatsen van bekende bouwcomponenten (topologie), is vaak de enige vrijheid die een projectarchitect- uit budgetoverwegingen- tegenwoordig nog heeft

FLEXIBELE INDUSTRIËLE PREFABRICAGE 5

Om de onder de kop 'industrialisatie' aangegeven overgang tussen prefabricage en industrialisatie, voor zover het de inspraak van (keuze) variabelen door de consument in deze tijd betreft, beter werkbaar te maken, is het begrip 'flexibele industriële prefabricage' ontstaan. Vanuit de prefabricage geredeneerd betekent 'flexibel', dat toch volledig rekening wordt gehouden met wensen van de kopers, gekenmerkt door de invulling van de openstaande parameters (en meer niet). Maar 'industriële' betekent tevens dat er geproduceerd wordt met vastgelegde routines en machines met betrekking tot halfproducten op een industriële (productie)wijze. 'Prefabricage' duidt er verder op dat dit soort productie in wezen niet boven het niveau van prefabricage uitkomt (niet industrieel).



FIG. 16 Glazen Muziekkoepeel in de Haarlemmerhout, Haarlem, [arch. Wiek Rölling]

Vanuit de optiek van producenten betekent dit dat er naast een stroom volledig industrieel vervaardigde producten, die kunnen worden geproduceerd zonder voorafgaande verkooporder, een tweede stroom flexibele producten kan zijn, waarvan de productie slechts wordt aangevangen nadat de betreffende verkooporders zijn vastgelegd met invulling van de open parameters. Dit aantal parameters kan daarbij vele malen groter zijn dan bij normale industriële vervaardiging. De beperkingen worden aangegeven door de begrenzingen van de programmeringsruimte van het [geautomatiseerde of automatische] machinepark. Vanuit de industrialisatiegedachte geredeneerd zal er van flexibele productie sprake zijn, als deze pas wordt aangevangen nadat de betreffende verkooporders zijn vastgelegd met invulling van de open parameters.

Het vervaardigen vindt plaats na bestelling en in die zin is er dus sprake van prefabricage. Vanuit de producenten is flexibele productie een handreiking om de bouw te kunnen bedienen met hoogwaardige industriële processen die op grotere aantallen zijn gebaseerd en slechts een maximum aan remmende factoren [door de consumerende projectarchitect te bepalen eigenschappen] kan velen.

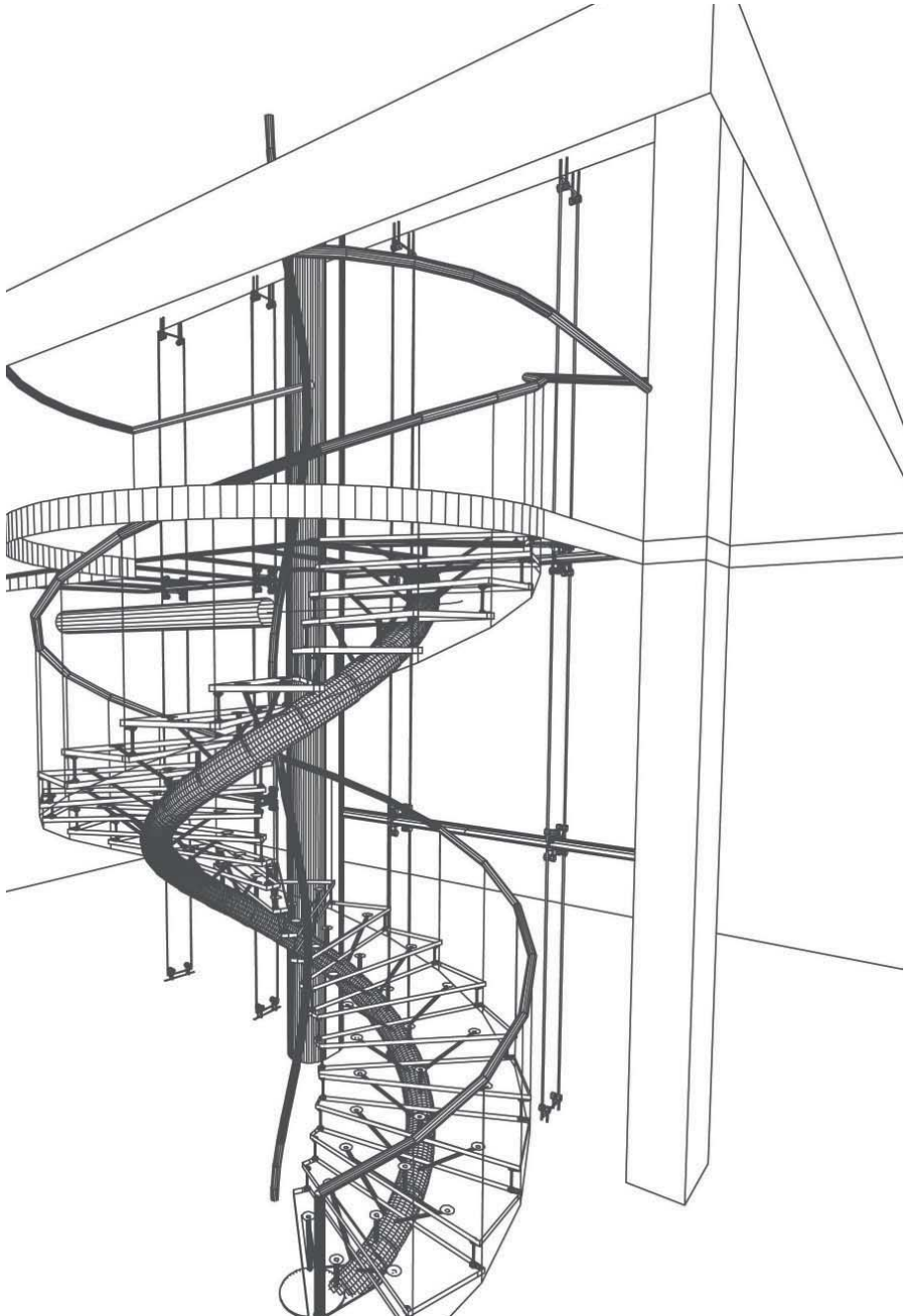


FIG. 17 Ontwerptekening van een spiraalvormige wenteltrap met dragende glazen balustrade voor een villa voor de Koninklijke familie in Jeddah, [arch. Atelier One/architect Mick Eekhout] met dragende glas balustrade om de trap



FIG. 18 Dezelfde spiraalvormige wenteltrap in Jeddah na de oplevering

Opgemerkt moet worden dat de bouw van origine een 100% vraagproduct is, geheel toegesneden op de wensen van de consument [= opdrachtgever / architect]. Daarentegen worden bijvoorbeeld auto's gekocht als een aanbodproduct waarbij de positie van de producent meer bepalend is. Als extreem voorbeeld: T-fords konden alleen in groen of zwart geleverd worden omdat de producent niets anders wilde. In dat geval hebben kopers in principe geen enkele invloed op het basisontwerp, behalve tegenwoordig op enkele vastgestelde voorgeprogrammeerde variabelen: auto's blijven (semi)aanbodproducten.



FIG. 19 Auto's zijn een aanbodproduct met enige flexibiliteit in de uitvoering van componenten; gebouwen zijn gewoonlijk meer een open vraagproduct

Typisch genoeg kon gietijzer in de Engelse bouw in de hoogtijdagen van de Victoriaanse gietijzerproductie in de Belle Epoque, 100 jaar geleden ook gezien worden als een aanbod-product. Bouwproducten vervaardigd van gietijzer konden slechts per definitie, gezien het gietproces, als kant en klare, volledig geproduceerde componenten in serie worden gegoten. Sinds de invoering van meer flexibele productiemethoden op basis van halfproducten (bijvoorbeeld gewalste buizen en dunne bandplaat) waarbij meer verschillende nabewerkingen mogelijk zijn, is het tijdstip van keuze verderop in het productieproces verlegd. Er zijn daardoor meerdere productiestappen tussengevoegd. Metaalgieten wordt heden ten dage in principe weinig gebruikt in de bouw met zijn goedkope lineaire en vlakvormige plaatachtige elementen en componenten. Gietstukken worden wel gebruikt als ruimtelijke koppelingen in gewoonlijk kleine, complexere, geconcentreerde afmetingen.



FIG. 20 Binnenaanzicht van de achtergevel van het stadhuis in Alphen aan de Rijn met de 'spaghetti'gevelstroken bestaande uit koud getordeerde gelamineerde dubbelglaspanelen die stevig in U-profielen zijn gezet onder en boven met kitvoegen tussen de panelen, zie ook fig. 21 en 31.

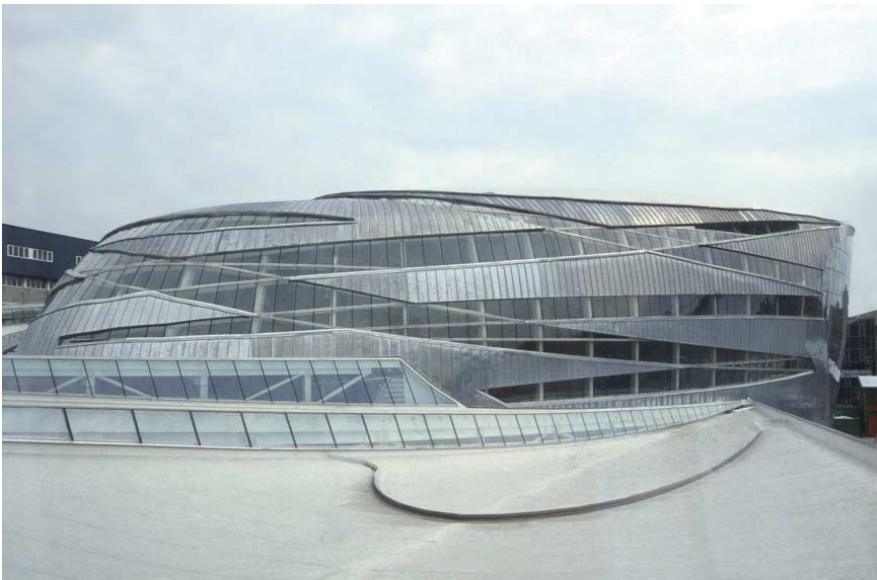


FIG. 21 Buitenaanzicht van de achtergevel van het stadhuis met de getordeerde 'spaghetti'raamstroken, in 2002 de eerste glazen 'Blob'gevel in Nederland, met koud getordeerde dubbelglaspanelen[arch. Erick van Egeraat]

Het vervaardigen van gietstukken als unica, multipels of kleine series [zoals in de offshore industrie, in het Centre Pompidou in Parijs of in de Western Morning News in Plymouth] komt voort uit de mogelijkheid dat elementen en componenten met complexe functies vormgegeven kunnen worden. Die wordt toch mogelijk gemaakt dank zij de flexibele industriële vervaardigingstechnieken. Deze kunnen variëren tot geschiktheid in kleine [kleine series] en grote aantallen [grote series en massa].

De resultaten van de producentgerichte industrialisatie van de jaren 80 naar de consumentgerichte flexibele industrialisatie ofwel 'mass customisation' van de jaren nul worden steeds duidelijker. Ondanks de huidige recessie in Nederland, die elke theorie in de komende 5 jaar lang lijkt te torpederen, neemt de invloed van architecten over beslissingen in het bouwproces toe. Tegen 1980 was er een depressie in de bouw met een logische verandering van aanbod naar vraag, door het overaanbod van bouwers en toeleveranciers via de lijn van de professionele architecten, de projectarchitecten. Tegen 1990 was er een tweede depressie met een versterking in dat opzicht. Daarna kwam er de 'millennium bouwboom' die de economie, de bouw, de grondprijzen vooral en de prijzen van onroerend goed tot grote hoogte opblies. We hebben er allemaal van geprofiteerd.

Nu moet die zeepbel langzaam leeglopen in alle categorieën, gevoeld door alle betrokkenen. Sinds die tijd zijn beslissingen veel meer door projectarchitecten beïnvloed dan door de hoofdaannemers, de onderaannemers en producenten.

Onder invloed van het Deconstructivisme zijn in het bijzonder door de ruimtelijke plaatsing van de bewust-nonchalante virtuele explosies van niet-orthogonale componenten, veel ontwerpen geometrisch bijzonder complex geworden. Het was toek de tijd van de introductie van en het werken met de tekencomputer.

Vanaf 1995 was er door dezelfde oorzaak van de computerintroductie een sterke 'Vrije Vorm' architectuurstroming ontstaan met zijn samenstellende zeer geïndividualiseerde, maar noodzakelijke componenten. De leerstoel heeft na haar 6 jaar durend onderzoek op het gebied van Blob architectuur een boek gepubliceerd: '*Free Form Architecture from Delft*', [Ref. 20]. Free Form Architecture had als basis de zeer rekbare en vervormbare ontwerpmogelijkheden in 3D tekenprogramma's ontwikkeld voor tekenfilmstudio's. Sinds die tijd lijken de architectuurontwerpen van afstudeerders vaak op chewing gum architecture. Alles lijkt nog mogelijk wanneer het alleen getekend is. Maar in technische zin ligt er nog een gigantische uitdaging voor de bouwtechnische toelevering om die vrije vorm architectuur te maken.

Een saillant voorbeeld van vrije vorm architectuur zijn de glasvezelversterkte vleugeldaken van het Rabin Center in Tel Aviv, naar ontwerp van Moshe Safdie, waar een geheel nieuwe generatie van geprefabriceerde schaaldaken werd ontwikkeld en voor het eerst ook toegepast. Tijdens de ontwikkeling van dat project, in het bijzonder tijdens de engineering [2005] werd duidelijk dat het accurate geometrische computer model een absoluut onmisbaar uitgangspunt was voor het produceren en realiseren van de verschillende onderdelen [zie Ref. 37]. Later kwam de onvermijdelijke start van BIM (Building Information

Model], meer gewenst vanuit het onderhoudsmanagement, om te willen weten waar welke leidingen lopen, dat oversloeg naar de digitale opzet van alle onderdelen van een gebouw: het BIM. Zonder een excellent BIM model is vrije vorm architectuur niet te realiseren. En voor de orthogonale bouw is die keus er wel, maar met het voordeel van de 3D compositie van het gebouw als technisch artefact, als een duikboot. Het vergt veel meer geheugencapaciteit dan ooit tevoren, maar dan weet men ook wat men heeft. Bij bouwaanvragen gaat dat verplicht worden in de toekomst. En voor tijdelijk werkloze architecten is BIM een werkveld waarin ze de 99% bestaande gebouwen kunnen opmeten en in een BIM model vatten. Het is bekend: maximaal 1% nieuwbouw werd elk jaar tot 2008 aan de bestaande voorraad toegevoegd.

Als het om assemblages gaat zijn deconstructivistische en vrije vorm architectuur in wezen collages van bouwkundige elementen en componenten, die in een grote variatie van producties en materialen zijn vervaardigd en op ordentelijke wijze of soms op een obstinate wijze ruimtelijk zijn gearrangeerd.

Flexibele industriële productie anno 2013 en de volgende jaren heeft twee opmerkelijke aspecten. Ten eerste zijn de digitaal aangestuurde machines, die enkelvoudige bewerkingen kunnen uitvoeren, sinds de introductie van de computer in de jaren 90, in staat om een veelvoud van bewerkingen uit te voeren voor een 'marktconform-plus' prijs. Daarnaast is er de aandrang van architecten om zich te manifesteren door de 'personality' in hun ontwerpen, zodat de producentgerichte aanpak veranderde in een consumentgerichte aanpak. Die verandering werd nog grotendeels door aanbieders op de bouwmarkt tegen gehouden door een kunstmatig tekort te creëren. Zoals eerder vermeld is het verschil tussen industrialisatie en (flexibele) prefabricage het tijdstip van verkoop: bij industrialisatie vóór verkoop en bij prefabricage ná verkoop. Het aantal parameters dat nog moet worden ingevuld bij industriële prefabricage kan enkelvoudig tot heel groot zijn, als er maar een systeem is dat al voorontworpen is. De limieten worden aangegeven door de capaciteiten van het geautomatiseerde machinepark.

Hier moeten we memoreren dat de bouwindustrie van origine een 100% vraagproduct is, compleet toegesneden op de eisen en wensen van de consument. Het tegenovergestelde is de auto-industrie waar de producent het ontwerp en de uitvoering volledig bepaalt.

In de beginjaren van de 20e eeuw konden T-Fords alleen geleverd worden in groen of zwart omdat de producent meer dan genoeg moeilijkheden had in het op elkaar afstemmen van de elementen en componenten van de auto om zijn gedachten ergens anders op te kunnen richten. Uiteindelijk zou Ford ontdekken dat de plusen mintoleranties van de componenten gevijld moesten worden tot een passend geheel. Hij vond de mintolerantie uit: onderdelen konden alleen kleiner zijn, nooit groter. Toen eenmaal de discipline van de min toleranties was vastgesteld kon er veel grotere snelheid gemaakt worden bij het assembleren van de auto's en kon dat ook op een lopende band gebeuren. Henry Ford heeft de lopende band geïntroduceerd in de auto-industrie.

Materiële bouwproducten zijn dank zij het rijke, maar tevens verwarrende Nederlandse taalgebruik te onderscheiden in verschillende typen, waarvan hierna de volgende omschrijvingen zijn vastgelegd.

BOUWPRODUCT 6

De betekenis van product is letterlijk 'voortbrengsel'. [Latijn 'pro'=voort, 'ducere'=leiden, brengen]. Het is daarmee zowel van toepassing op immateriële als materiële zaken. Zo is een ontwerp het immateriële product van de architect, tekeningen het materiële product; een constructief ontwerp het immateriële en de constructieve berekeningsrapporten het materiële product van de constructeur; de projectcoördinatie het immateriële product van bouwmanagement.

Aan de materiële zijde is bijvoorbeeld staalplaat het product van een walsfabriek; een bout het product van een boutenfabriek; een deur het product van een houtverwerkend bedrijf; een buitengevel het product van een gevelbouwer en een gebouw het product van de gezamenlijke makers (hoofdaannemer, nevenaannemers, onderaannemers en producenten). Losse materialen en handelsmaterialen, die buiten de bouw worden vervaardigd en die als ingangsmateriaal worden gebruikt door de bouwindustrie, zijn dus nog geen bouwproducten.

Alle begrippen waarin het woord 'product' voorkomt, worden gebruikt om specifieke eigenschappen of een karakter van een product aan te duiden. Ze kunnen beter niet worden gebruikt in een hiërarchische reeks met de opbouw van de kleinste onderdelen tot het complete gebouw. Het begrip product is daarvoor te zeer algemeen toepasbaar. Het is heel zinvol om onderscheid aan te brengen in diverse typen producten gezien hun ontvanke-lijkheid voor de wensen van consumenten.

STANDAARDPRODUCT 7

Een standaardproduct is een bouwproduct met onveranderbare eigenschappen. Het kan in de bouw worden toegepast in een groot aantal verschillende situaties, waarbij het product zelf geen invloed ondergaat van die omgeving. Het kan niet van aard worden veranderd, het kan alleen anders worden gepositioneerd in de ruimte (topologie). Gewoonlijk zijn het monomateriële producten zoals bouten, bakstenen en tegels, maar ook boilers zijn standaard producten die zeer complex van opbouw zijn. De positionering van het standaard product wordt niet beïnvloed door de toepassing of de uiteindelijke positie. De karakteristieken kunnen niet worden veranderd door de positie. Zagen en delen van het product om het passend te krijgen tijdens de toepassing heeft geen invloed op het karakter van het product.

SYSTEEMPRODUCT 8

Een systeemproduct is een bouwproduct, dat als systeem is opgebouwd uit verschillende elementen en componenten waarvan de eigenschappen nog niet compleet bepaald zijn, dat geschikt is om in diverse situaties in verschillende composities en/of uitvoeringen te worden toegepast. Een systeem product is een door de producent half ontworpen product, dat ten behoeve van de toepassing nog in de tweede helft moet worden ontworpen door of namens de consument. Een systeemproduct heeft aanvullende informatie nodig om de onderdelen en compositie definitief te worden vastgesteld en vervaardigd. Aanvullingen (of keuzeparameters) kunnen van afmetingen afkomstig zijn, soms ook van kleurafwerking of bijvoorbeeld type conservering, maar het karakter van het systeemproduct ligt vast.

Een voorbeeld zijn aluminium gevels, ontworpen en ontwikkeld als systeemproduct door systeemhuizen of systeemleveranciers en zo ook toegeleverd aan kozijnproducenten, die als licentiehouders na overleg met hun klanten er het definitieve product van maken door afmetingen, profielkeuzen, invullingen en kleur vast te leggen.

SPECIAALPRODUCT 9

Een speciaalproduct is een bouwcomponent specifiek ontworpen en vervaardigd voor een bepaald bouwproject. Soms betreft het geheel nieuwe productontwerpen, soms componenten die de handtekening van een bepaalde projectarchitect verraden. Als basis voor het ontwerp is buiten deze eigenzinnigheid natuurlijk altijd de nodige kennis van ontwerp en uitvoering in een of andere vorm voorhanden. Die kennis is een soort standaard basiskennis, zoals methodologie, materiaalkennis, constructieve vormgeving en toegepaste mechanica, waarmee gejongleerd kan worden. Soms worden speciale producten opgebouwd uit standaardproducten met afwijkingen of aanvullingen, soms wordt alleen de abstractie daarvan, een als geschikt ervaren conceptueel systeem, gebruikt als uitgangspunt (bijvoorbeeld de 'warme' / 'koude' gevel) en wordt een nieuw ontworpen component met een geheel eigenzinnig uiterlijk gecreëerd. Van origine werd er door architecten voor elk bouwproject louter projectgebonden ontworpen. De gebouwcomponenten werden gewoonlijk vervaardigd door de aannemer ofwel op de bouw ofwel in de werkplaats wanneer dat handiger was. De materialen en vervaardigingmethoden waren bekend en vrij beperkt, zodat producten ontstonden met een beperkt verschillend karakter. Sommige onderdelen vereisten specialismen, maar in de vroegere gilden was dit al aanwezig en werd doorgegeven. Voordeel was dat de kennis zowel bij de ontwerpende architect als bij de uitvoerende aannemers aanwezig was.

In de laatste drie decennia heeft een groot aantal producenten en fabrikanten zich op de bouwmarkt gemanifesteerd die allen met een gespecialiseerde kennis en speciale machines zeer specifieke onderdelen voor de bouw kunnen vervaardigen. Het ontwerpen en ontwikkelen van producten is nu alleen voorbehouden aan projecten waarin:

- Grote series speciale componenten kunnen worden gebruikt;
- Met grote afwijkingen t.o.v standaard- en systeemproducten;
- En een meer dan gemiddeld bouwbudget beschikbaar is.



FIG. 22 Uitzetraam in een structural glazing façade



FIG. 23 Treintaxi wachtruimte (Dokontwerpers)

Vooral in de Britse high/tech architectuur worden vaak 'specials' ontworpen die voor enkele toepassingen, ontwikkeld, vervaardigd en toegepast worden en daarna nooit meer elders worden ingezet. Maar ook bekende architecten zoals Wolf Prix van Coop Himmelblau met zijn Deconstructivisme en Zaha Hadid met haar Free Form Architecture hebben gebouwen ontworpen die uit eigenzinnige componenten moesten worden opgebouwd om het gewenste eindresultaat te bereiken.

We kunnen dan spreken van een eigentijdse variant van het vroeger algemeen gebruikelijke speciaal- of projectproduct. Deze 'one-off' producten worden overigens vanwege hun glansrijke presentaties door andere architecten ten onrechte verwisseld met de resultaten van wat in het algemeen productontwikkeling in de toekomst te bieden heeft. Dit beeld is beslist te rooskleurig om realistisch te zijn, want het zijn veelal nog steeds handmatig of slechts seriematig vervaardigde speciale producten met een meer dan gemiddeld acceptabele prijs. Vaak dus kostbaar. Gewoonlijk zijn de productontwikkelingbudgetten veel kleiner en moet de productontwikkelaar zich bezig houden met op een handige doch indringende wijze verbeteren van bestaande producten.

KEUZE TUSSEN 7 TYPEN PRODUCTEN

De betrokkenheid van de projectarchitect is in de voornoemde drie hoofdtypen van producten telkens anders. Standaard producten kan hij kiezen: ja of nee. Systeem producten kunnen voor een deel in eigenschappen door hem worden vastgelegd, want in wezen wordt het toepassingsontwerp in overleg met hem bepaald. Speciale producten worden zeer intensief hoofdzakelijk door hem (of door een productarchitect in zijn dienst,

dan wel door een productontwerper in dienst van de producent) ontworpen en ontwikkeld. Tussen deze drie hoofdtypen van bouwproducten kunnen vier overgangstypen worden onderscheiden, met het volgende overzicht als resultaat:

- Standaardproducten;
- Gestructureerde standaardproducten;
- Gestandaardiseerde systeemproducten;
- Systeemproducten;
- Speciale systeemproducten;
- Gestructureerde speciale producten;
- Speciale producten.

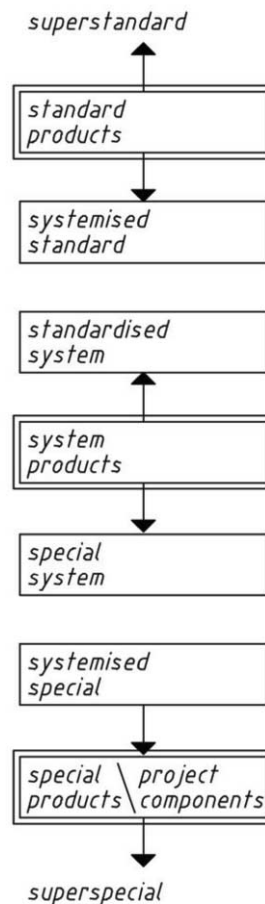


FIG. 24 De verschillende typen bouwproducten van superstandaard naar superspeciaal

BOUWSYSTEEM 10

Een bouwsysteem is een geordende verzameling van bouwelementen en -componenten alsmede (bouw)faciliteiten, die volgens bepaalde regels of afspraken steeds anders kunnen worden samengevoegd en/of toegepast, afhankelijk van de toepassingsomgeving. Afhankelijk van de systeemopbouw kan het systeem in deelsystemen uiteengenomen worden die afzonderlijk kunnen functioneren en afzonderlijk kunnen worden aangeschaft. Is de opbouw van de verschillende onderdelen tot een geheel noodzakelijkerwijs steeds hetzelfde, dan zou men beter van een letterlijke herhaling of kopie kunnen spreken.

De omschrijving van een 'systeem' in de ogen van een industrieel ontwerper is echter anders: bedoeld wordt meer een functionerend geheel waarbinnen onderdelen hun eigen specifieke subfunctie hebben. Een motorblok of een auto is dus voor een industrieel ontwerper een systeem als een noodzakelijke opbouw van specifiek functionerende onderdelen.

In de bouw is het 'steeds anders kunnen samenvoegen' wezenlijk door het wisselende karakter en de schaal van de gebouwen. Een bouwsysteem maakt een steeds andere topologie (ordering van onderdelen ten opzichte van elkaar) mogelijk. Bij een bouwsysteem wordt allereerst gekeken naar de opbouw van gelijksoortige onderdelen, die samen een bouwdeel vormen, zoals een systeem voor een draagconstructie of een gevel. Apart daarvan moeten meerdere systemen voor verschillende bouwdelen op elkaar aangesloten kunnen worden. Er zijn dus letterlijk bouwsystemen waarmee een gebouw in elkaar kan worden gezet of bouwdelen kunnen worden gecombineerd en bouwdeelsystemen waarmee bouwdelen kunnen worden samengesteld.

We kunnen twee hoofdgroepen van bouwsystemen onderkennen die verschillen in openheid:

- de producentgerichte bouwsystemen;
- de consumentgerichte bouwsystemen.

De eerste groep neigt naar meer standaardisering, naar een meer gesloten karakter met minimale variatie, terwijl de andere groep een open karakter nastreeft met maximale variatie en in hogere mate ontworpen wordt op het bouwproject of de toepassing. Het ene extreem is de kassenbouw waar alle onderdelen standaard en het resultaat ook standaard is. De kunstenaarontwerper wil alles anders dan het andere extreem.

STANDAARDSYSTEEM 11

Een standaardsysteem in de bouw is ontworpen, geproduceerd en op de markt aangeboden als een verzameling onderdelen die elk voor zich onveranderbaar zijn, maar in hun samengesteldheid als totaal een specifiek antwoord vormen op een bouwkundige vraag. Het is een systeem met een samenstelling uit onderdelen volgens een stelsel van vaste weloverwogen en samenhangende regels en afspraken.

PROJECTSYSTEEM OF SPECIAALSYSTEEM 12

Een projectstelsel is een stelsel specifiek voor een gebouw ontworpen, ontwikkeld en geproduceerd stelsel van bouwelementen en -componenten volgens bepaalde afspraken, die op verschillende locaties binnen dat gebouw functioneren en ten opzichte van elkaar een andere onderlinge relatie hebben. Een projectstelsel is dus in de bovengenoemde omschrijving altijd geprefabriceerd, en niet industrieel vervaardigd. De opdracht voor de vervaardiging komt immers altijd vóór de productie. Speciaal ontworpen en gebakken bakstenen zijn dus geprefabriceerd, terwijl normale bakstenen industrieel vervaardigd zijn. Een projectstelsel is een bouwstelsel voor een bepaald gebouw.

Er zijn genoeg redenen om even stil te staan bij deze definitie omdat er een groeiende tendens is, bijvoorbeeld in de utiliteitsbouw, om voor de grotere projecten componenten te ontwerpen met een specifiek projectkarakter. Denk even aan glasvezelversterkte polyestergevels zoals onlangs in het Fletcher Hotel langs de A2 bij Amsterdam Zuidoost gerealiseerd [architecten Benthem&Crouwel]. Architecten ontwerpen hier specifiek gebouwcomponenten met een bepaald karakter, passend in het totale beeld van het gebouw. In dat kader zijn bijvoorbeeld ruimtevakwerken als beeld van industrialisatie vervangen door speciaal ontworpen ruimtelijke constructies die eenmaal gerealiseerd, vrijwel nooit worden herhaald, zie het ronde beglase 'fietswiel'dak van de Santander Bank in Madrid, architect Kevin Roche.



FIG. 25 Het glazen dak van het hoofdkantoor van de Santanderbank in Madrid als een 30 m diameter liggend fietswiel met trekspanten en dubbelglaspanelen afgedekt [arch. Kevin Roche]



FIG. 26 Het A2/Fletcherhotel Amsterdam Zuidoost met een tweede huid in gelamineerd glas om een buitengevel van glasvezelversterkte polyesterpanelen, [arch. Benthem & Crouwel] [foto: Michael van Oosten]

PRODUCTCOMPLEXITEIT: DE HIËRARCHISCHE REEKS

We zullen nu verder de materiële producten ook in een rangorde van toenemende samengesteldheid en toegevoegde waarde beschouwen. Vanuit de wetenschap van de productontwikkeling wordt in de hiërarchische reeks de meeste aandacht gegeven aan producten tussen de extreme niveaus van handelsmateriaal en bouwsegment in. Benamingen die in dit geval van belang zijn, worden in de volgende betekenis gebruikt:

HIËRARCHISCHE REEKS VAN BOUWPRODUCTEN 13

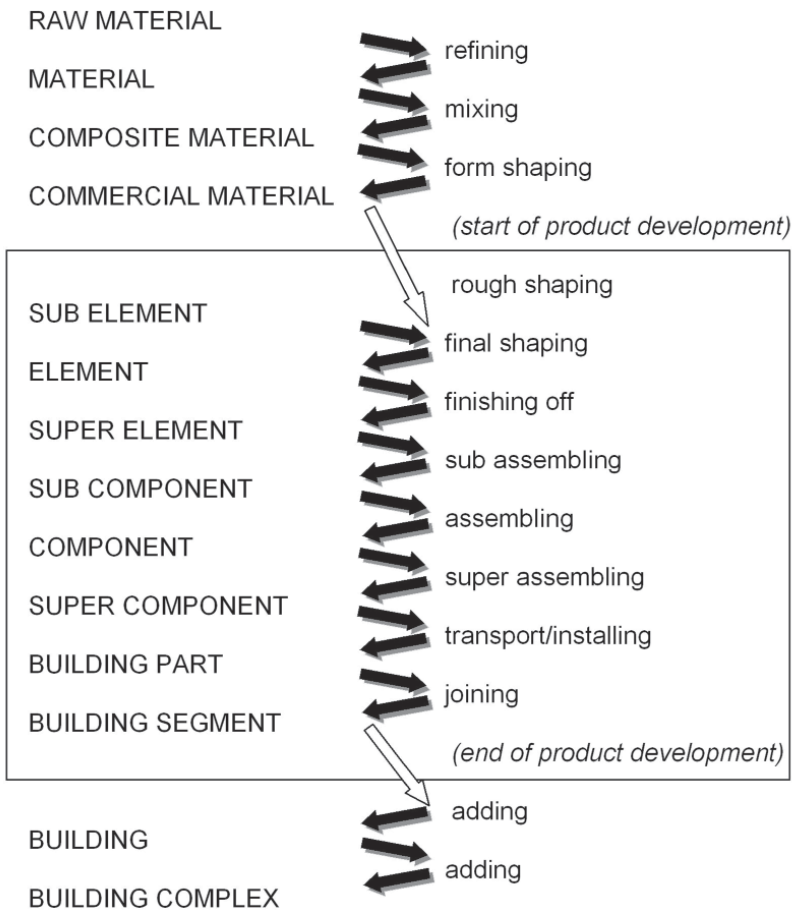


FIG. 27 Hiërarchische Reeks van Bouwproducten

GRONDSTOF 14

Grondstof is materie in ongezuiverde, niet direct als zodanig in de bouw of industrie toepasbare vorm of toestand. Voorbeelden zijn erts, bauxiet, klei, zand, grint, aardolie, gekapte bomen.

MATERIAAL 15

Materiaal is gezuiverde en voor een verwerkingsindustrie gereede, maar ongevormde materie zoals cement, zand, kunststofkorrels, of in enkele gevallen in een vaste vorm zoals boomstammen, stalen coquilles of aluminium billets en gietbroodjes. De chemische industrie kent nog vele tussenstadia tussen grondstof en materiaal, die echter voor architecten niet heel essentieel zijn.

COMPOSITMATERIAAL 16

Een niet-homogene samenstelling van twee of meer materialen van wezenlijk verschillende aard, zoals beton, glasvezelversterkte polyester, gecoëxtrudeerd PVC/ABS, als alternatief voor het homogene materiaal.

HANDELSMATERIAAL 17

Een handelsmateriaal is een product van de aan de bouw toeleverende industrie dat in nog niet compleet kan worden gebruikt, maar eerst nog vormbewerkingen of vormaanpassingen moet ondergaan: metalen platen of profielen, aluminium extrusieprofielen, multiplexplaten, jumboglasplaten.

In de hiërarchische reeks van grondstof via materiaal zijn handelsmaterialen weliswaar het product van een in massa producerende industrie, (met uitzondering van gietstukken die als halffabricaat ook in kleinere series worden vervaardigd) maar worden slechts als ingangsproduct gezien door de bedrijven in de bouwindustrie die hieruit elementen en componenten gaan vervaardigen. Zo zijn stalen buizen met een handelslengte van 6 of 12 m te beschouwen als halffabricaten voor de constructiewerkplaatsen in de bouw, terwijl diezelfde buizen natuurlijk (eind) producten zijn van de buizenfabriek. Die buizenfabriek wordt niet gezien als behorend tot de bouwindustrie.

Een handelsmateriaal heeft nog enkele variabelen of parameters van eigenschappen die kunnen worden bepaald door de consumerende producent. Handelsmaterialen zijn dus producten van gewoonlijk op massavervaardiging gestoelde fabrieken die via de handel worden gedistribueerd naar producenten die in massa of grotere of kleinere series er hun elementen uit vervaardigen door vormbewerkingen zoals zagen, boren, frezen etcetera.

Voorbeelden van handelsmaterialen zijn glazen 'jumbo'panelen (6 x 3,21 m), houten multiplex panelen (3 x 1,2 m), aluminium profielen (6 m), stalen profielen (12 m). In het geval van aluminium extrusieprofielen en met de hand koud te walsen (en voortdurend in tussenfasen uit te gloeien) stalen kokerprofielen is door de ontwerper invloed uit te oefenen

op de vorm en kwaliteit van het halffabricaat, dank zij de betrekkelijk kleine betrokken hoeveelheden. Zo zijn elliptische stalen buizen in gebruik genomen nadat ik in 1996 in de eerste versie van het boek *'Tubular structures in Architecture'*, [Ref. 17] had gepubliceerd waarin ronde en vierkante buizen werden behandeld en daarnaast ook rechthoekige kokers en hun ronde varianten in de vorm van elliptische buizen werdenvoorgesteld.

Desalniettemin blijven we hier spreken van handelsmaterialen. Gewoonlijk is het handelsmateriaal de grootste gemene deler van de vraag van mogelijke afnemers en heeft nog weinig eigen karakter. Vanaf de keuze van het handelsmateriaal start in het algemeen het domein van de ontwerper. Het begrip handelsmateriaal dekt het begrip halfproduct en halffabricaat, maar dat begrip vermijden we liever in verband met de te algemene klank.

[SUB/SUPER] ELEMENT 18

Onder een element wordt verstaan het kleinste onderdeel van een gebouw, vervaardigd uit een [=mono] materiaal of composiet met een eigen karakteristiek dat verder wordt geassembleerd in de fabriek of werkplaats tot het grotere geheel van een subcomponent of een component. [In de werktuigbouw komt ons begrip 'element' overeen met het begrip 'onderdeel' ('part') als een constructiedeel dat niet verder met behulp van niet-destructieve technieken in kleinere eenheden uiteen te nemen valt]. Een element is dus een zelfstandige eenheid in karakter, bijvoorbeeld een kozijnstijl, een kozijnrubber, een glasplaat of glaspaneel. Elementen worden veelal vervaardigd uit handelsmaterialen door een additionele vormbepaling [afkorten, frezen, boren, sleuven en dergelijke]. Het element zelf is dus van één materiaal gemaakt. In die zin volgt deze omschrijving die van de chemische technologie. Elementen kunnen om hun eigen, ondeelbare karakter worden gebruikt, maar ook omdat elementen gezamenlijk een groter geheel vormen. In dat geval zou de zweverige [abstract gezien: van klein naar groot] aanduiding van gebouwelement duiden op een onderdeel van een geheel gebouw, en worden de tussenliggende stappen overgeslagen. Ons inziens is dat erg verwarrend. Ook de term 'betonnen gevelement' is een voorbeeld van verkeerd woordgebruik. Dat moet zijn 'gevelcomponent'. Voor een aannemer lijkt het woord element passend, want hij beschouwt de borstwering als een onderdeel van het geheel. Als we de technische opbouw beschouwen is component echter de betere term, want de borstwering is al een samengesteld product.

De verschillende samen te voegen elementen kunnen hetzelfde karakter en dezelfde functies hebben, maar verschillende afmetingen of profileringen [bijvoorbeeld de verschillende aluminium stijlen, regels en kalven in een gevelkozijn], kunnen ze ook anders van karakter en functie zijn [aluminium, rubber, glas en rvs voor dragende profielen, waterdichte afsluitingen, doorzichtige scheidingsvlakken en beweegbaar hang- en sluitwerk]. Van het begrip 'element' zullen bij gedetailleerde beschouwing ook de afgeleide meer verfijnde begrippen 'sub-element' en 'super-element' kunnen worden afgeleid om de begrippenreeks meer werkbaar te maken.

SUBCOMPONENT 19

Onder een subcomponent wordt verstaan een assemblage van verschillende elementen als een eenheid die op haar beurt nog moet worden samengevoegd in werkplaats of fabriek tot een groter geheel of component, voor transport naar de bouw plaats vinden. Ook kan de assemblage van subcomponenten tot component plaats vinden op de bouw-plaats als het transport te grote beperkingen in het maximale volume of de afmetingen zou opleggen.

Voorbeeld is een vakwerklijger constructie die in transporteerbare delen van maximaal 12 m [subcomponent] wordt aangevoerd en ter plaatse wordt samengesteld tot een ligger van bijvoorbeeld 50 m lengte zoals gebeurde in het atrium van het Cotroceni shopping centre in Boekarest, architect MYS [bouwjaar 2010]. Dit is de component, die vervolgens kan worden ingehesen tot een dakconstructie [bouwdeel].



FIG. 28 Aanvoer van subcomponenten van stalen spanten op de Cotroceni bouwplaats in Boekarest



FIG. 29 Assemblage van de complete stalen spanten met twee mobiele kranen voor Cotroceni in Boekarest

Een voorbeeld van een subcomponent op het gebied van gevels is een raam, dat is opgebouwd uit verschillende elementen, maar op zichzelf nog niet geheel klaar waren om vervoerd te worden en als component te worden beschouwd. Het moet immers eerst in een kozijn worden ingebouwd. Daarna wordt het vervoerd naar de bouwplaats.

COMPONENT 20

Een component is een zelfstandig functionerend gebouwoonderdeel, dat is opgebouwd uit een aantal samenstellende elementen en/of subcomponenten. [Uit het Latijn: 'cum' = met, samen en 'ponere' = plaatsen, zetten]. Deze onderdelen worden buiten de bouwplaats tot een component geassembleerd en naar de bouwplaats getransporteerd. Vervolgens worden ze op de bouw slechts ingehesen en gemonteerd. De afmetingen van het onderdeel tijdens het transport en de compleetheid er van zijn bepalend voor de benoeming als sub/super- of gewoon component. Men kan zich voor sommige gebouwoonderdelen ook vanwege afmetingen de laatste assemblage in een veld- of bouwplaatsfabriek voorstellen [zie ook onder subcomponenten]. Dit werd georganiseerd voor betonnen componenten van gebouwssystemen in de jaren 60, toen de transportmogelijkheden en de wegen in Nederland nog niet goed geproportioneerd waren.

Maar in mijn praktijk werd het idee ook uitgewerkt bij de aanbesteding van de Mediateque in Pau [Fr] naar ontwerp van Zaha Hadid. Daar moesten zwarte carbon fibre epoxyschaaldaken worden vervaardigd, zonder naad. Dat dak 35 x 75m² moest onder hoge temperatuur worden gehard ['curing']. Pau ligt 200 km landinwaarts van Bordeaux dus er was geen reële mogelijkheid om grotere onderdelen van tevoren in een fabriek te 'curen' en dan te vervoeren. Voor het doel van het curen werd een veldfabriek om het object heen werd bedacht. Overigens was dit een zeer experimenteel project. Op dergelijke schaal werd carbon fiber immers nog niet in de architectuur toegepast. Bovendien was carbon fiber moeilijk verkrijgbaar op de markt: die werd overheerst door Airbus. De burgemeester zag in de Mediateque zijn achtste 'grande travaux', maar moest het van de gemeenteraad Europees aanbesteden. Een volslagen experiment en dan Europees aanbesteden alsof het standaard werk zou zijn! Er had beter eerst een prototype ontwikkeld kunnen worden, de kennis daarvan publiceren en dan aanbesteden. De prijs van het dak alleen was 10% meer dan het budget van het totale project. Het idee van de veldfabriek moet nog enkele decennia wachten tot het volgende architectonische hoogstandje.

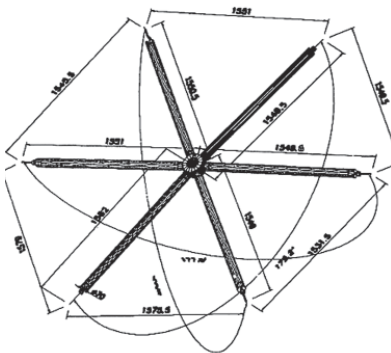
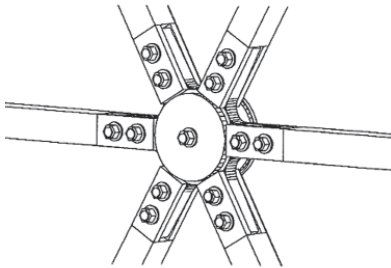


FIG. 30 Ontwerpdetails voor de glazen dakconstructie voor de DG Bank, Berlijn, zoals ontworpen door Frank Gehry's bureau (boven) en als alternatief voorgesteld door Octatube met ronde buizen en bolvormige Tuball knopen (onder)

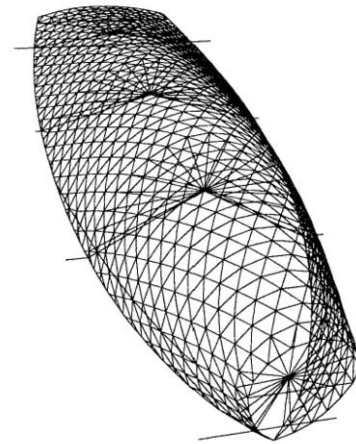
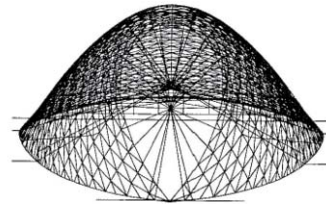


FIG. 31 De totale dakconstructie zoals getekend door Octatube voor het dak van de DG Bank aan de Parizerplatz, Berlijn. Uiteindelijk conform originele ontwerp gerealiseerd door Gartner.

SUPERCOMPONENT 21

Een supercomponent is een samenstelling van meerdere componenten tot een groter geheel, op de bouwplaats geassembleerd voor het wordt gemonteerd. Voorbeeld is een grote staalconstructie zoals een ruimtevakwerk dat in elementen, subcomponenten en componenten wordt aangevoerd, geassembleerd op de vlakke bouwplaats en daarna in een keer als supercomponent wordt ingehesen, gesteld en bevestigd.

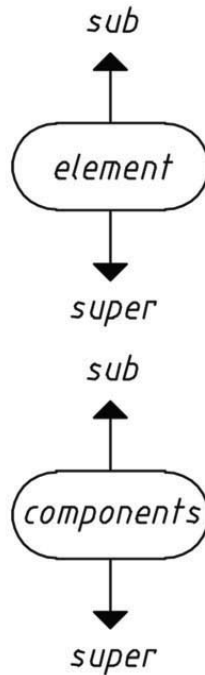


FIG. 32 Elk element en elk component kent ook een sub- en een superordening om de complexiteit van opbouw begrijpelijk en bespreekbaar te maken

Op de faculteit Bouwkunde is dit afdoende gedemonstreerd in 2008 met de samenbouw van de ruimtevakwerken voor de zuidserre en de oostserre die het gebouw aan de Julianalaan wat meer ruimte zouden geven na de Grote Brand van Bouwkunde op 13 mei 2008.

BOUWDEEL 22

Een bouwdeel is een verzameling van componenten van een gebouw met identieke technische functies. Voorbeeld is de fundering, de hoofddragconstructie, de gevel, de binnenwanden, de verlaagde plafonds, de installaties, etc. Het bouwdeel is het grootst mogelijke onderdeel van een gebouw waarop een componentontwerper in dialoog met de architect zijn kennis, kunde en inzicht investeert.

Voorbeeld zijn de eerste Nederlandse quasi Blobgevels van gescreend dubbelglas van het stadhuis in Alphen aan de Rijn [2003] architect Erick van Egeraat, die als totaliteit het bouwdeel gevels vormen.



FIG. 33 Straatzijde van het stadhuis Alphen aan de Rijn met de als individueel verschillend ontworpen en geprinte gevelpanelen in dubbelglas [arch. Erick van Egeraat], zie ook fig. 20 en 21.

BOUWSEGMENT 23

Een bouwsegment is een kunstmatig, apart beschouwd deel van een compleet gebouw [zoals een taartsegment dat ook is], samengesteld uit ongelijksoortige componenten van verschillende bouwdelen, dat in totaliteit de karakteristiek van het gebouw weergeeft. Het bouwsegment is van belang voor productontwikkeling omdat daarin de aansluitingen tussen ongelijksoortige componenten in bouwdelen van verschillende aard moeten worden opgelost in de engineering en anders op de bouwplaats, als laatste afwerking van de bouwcomponenten. In het bouwsegment vindt de productontwikkeling haar eindbestemming. Hier komen de verschillende competenties van de verschillende componentontwerpers in materieel contact met elkaar, moeten de aansluitingen worden ontworpen, gecoördineerd en geïntegreerd tot een geheel.

Het bouwsegment dient ter illustratie en communicatie. Als voorbeeld het 3D segment van het Mercedes Museum in Stuttgart van UNStudio / architect Ben van Berkel.

GEBOUW 24

In bouwtechnologisch opzicht is het gebouw het totale technische geheel van alle bouwdelen in gemonteerde toestand. Hier eindigt het karakteristieke bouwtechnische verschil op productniveau en rollen we de terminologie van de architectuur binnen. Het gebouw is het domein van de projectarchitect. Het gebouwcomplex bestaat uit meerdere bouwdelen, waarmee telkens een compleet bij elkaar behorende verzameling identieke componenten wordt bedoeld. Een gebouw kan ook worden onderscheiden in segmenten die een holistische grondslag hebben: elk bouwsegment is een compleet samenstelling van een bouwvolume, maar op zich slechts een deel van het totale gebouw, samengesteld uit verschillende componenten.

NIET GEBRUIKTE BEGRIPPEN

De begrippen uit de hiërarchische reeks staan nu vast, maar in het werken ermee blijkt dat er verfijning nodig is. Dat kan heel goed geschieden door middel van de begrippen 'sub' en 'super' als kleinere en grotere uitvoeringen van het begrip. Bijvoorbeeld een subelement, een element en een super-element. En een subcomponent, een component en een supercomponent.

In de lijst van bovengenoemde begrippen van de hiërarchische reeks zijn er bewust een aantal weggelaten die betrekking hebben op een deel van een geheel omdat ze in het taalgebruik voorkomen, of begrippen die teveel op verschillende niveaus van toepassing zijn en daardoor verwarrend werken. Ze kunnen als het ware vrij zweven van het laagste tot het hoogste niveau. Bij complex samengestelde producten zullen ze vanzelf tussengevoegd worden om het niveau van hiërarchie fijner in te stellen. Tussen alle niveaus zijn er wel delen die tot gehelen worden samengesteld, maar daarmee hebben ze nog niet automatisch een absolute plaats in de reeks om ons in het taalgebruik verder te kunnen helpen. Het begrip 'product' is in die zin al ruimschoots aan de orde geweest.

Andere voorbeelden zijn alle begrippen die iets van doen hebben met het woord 'deel', 'onderdeel', 'bovendeel', 'geheel', 'entiteit' en dergelijke. Deze worden dus niet verder als bruikbare begrippen in de hiërarchie van de productontwikkeling gehanteerd.

1.06 PRODUCTFREQUENTIE

Naast deze drie hoofdtypen producten zijn er nog een aantal andere begrippen met betrekking tot producten gangbaar. Dit geldt onder meer ten aanzien van de aantallen geproduceerde identieke producten. Als onderscheid gelden de volgende, subjectief gestelde aantallen voor de productie in de bouw:

– unicum	1
– multipels	2 - 100
– kleine serie	100 - 1000
– middelgrote serie	1000 - 10.000
– grote serie/massa	10.000 tot onbeperkt

UNIEK EN MULTIEPEL PRODUCT 25

Een uniek product is een product dat letterlijk slechts als een enkel stuk ('unicum') of in iets ruimere opvatting als een zeer kleine serie ('multipels') wordt vervaardigd. Kenmerkend is dat door de kleine aantallen er geen investeringen gedaan worden in productietechnieken. De samenstellende elementen worden ambachtelijk of met behulp van bestaande industriële technieken geproduceerd en de assemblage vindt plaats met de hand en met standaard machinaal gereedschap. Slechts enkele uitzonderingsgevallen en dan ook nog alleen als experiment zijn hiervan bekend, zoals de freesmachine voor vrije vorm steenbewerking ontwikkeld door een PhD student van Kas Oosterhuis op het RDM terrein.

SERIEPRODUCT 26

Een serieproduct is een in een kleinere of grotere serie (herhaling van gelijke producten) vervaardigd product. De serie is eindig en bedoeld voor bepaalde toepassingen of voor een beperkte voorraad. Een serie houdt het midden tussen een unieke en een grootschalige vervaardiging. Tussen de categorieën 'grondstof' en 'gebouw' nemen de geproduceerde hoeveelheden af, verandert massa (grondstof) in serie (elementen) en eindigt gewoonlijk in een unieke toepassing (gebouw). Architecten vinden dat gebouwen meestal te beschouwen zijn als unieke producten, ontworpen en ontwikkeld voor een eenmalig doel, een enkele opdrachtgever of door hun karakteristieke uitstraling. Series in de bouw zijn meestal minimaal 10 maal kleiner dan in de industrie. In de visie van de productontwikkelaar zijn dezelfde gebouwen vervaardigd uit een mengsel van ter plaatse verwerkte bouwmaterialen en ter plaatse geassembleerde, elders in massa of in serie vervaardigde componentendie op zich weer kunnen zijn opgebouwd uit standaard-, systeem- en speciale elementen. Alle onderdelen zijn met elkaar geïntegreerd waardoor het gebouw functioneert als het gebouw dat de architect voor ogen had.

MASSAPRODUCT 28

Een massaproduct is een product dat in kleinere of grotere hoeveelheden op industriële wijze wordt vervaardigd. Het wordt in principe continu geproduceerd, onafhankelijk van de bestelling van afnemers en uit voorraad geleverd. Ontwerpers van gebouwen hebben in het algemeen heel weinig grip op massaproducten, terwijl dit bij serieproducten wel het geval is. Van een massaproduct kan op verschillende niveaus sprake zijn: van 'bouw materiaal' [altijd massa] en in een enkel geval tot 'gebouw' [zelden een massaproduct, gewoonlijk een uniek product en vaak een serieproduct, afhankelijk van type gebouw en opdrachtgever].

Uit de combinatie van standaard, systeem- en speciale producten aan de ene kant en de geproduceerde hoeveelheden identieke stuks aan de andere kant kunnen we in het

algemeen afleiden dat speciaal gewoonlijk gekoppeld is aan kleine aantallen en standaard aan massa. Als daar de karakteristiek van de productgrootte bij wordt gevoegd, gaat dat standaard gepaard met kleine afmetingen en speciaal met grote afmetingen. Als voorbeeld twee extremen: een bout is een standaard product met kleine afmetingen, uitermate industrieel vervaardigd, terwijl een gebouw een groot speciaal product is, samengesteld uit deelproducten van verschillende industrialisatiegraad en ten opzichte van een traditionele of door machines verrichte wijze.



FIG. 34 Beeld van massaproducten (bouten en moeren)



FIG. 35 Beeld van zeer individueel eindproduct als extreem eigenzinnig gebouw: Musée des confluence, Lyon arch. Coop Himmelblau

NIEUW, VERNIEUWD OF IMITATIEPRODUCT

Hoewel het wetenschapsgebied van de Productontwikkeling gebiologeerd is door het ontwerpen en ontwikkelen van geheel nieuwe producten en het ingrijpend vernieuwen van bestaande producten, naast het oppervlakkig vernieuwen van het bestaande, zijn we ons er wel degelijk van bewust dat het begrip 'nieuwheid' relatief is. We moeten daar reëel in zijn. Wanneer spreken we eigenlijk van een 'nieuw' product? Geeft een cosmetische verandering of wijziging van een aluminium gevelsysteem recht op het adjectief 'nieuw'? Als een Duits 'Drehkipfenster' als draaikiepraam wordt toegevoegd aan een systeem van Nederlandse kozijnen en ramen, spreken we dan van een nieuw product op de Nederlandse markt? Of is het een in Duitsland beproefd systeem dat als nieuw onderdeel op de Nederlandse markt wordt geïntroduceerd? Moet een nieuw product een totaal nieuw concept hebben voordat we het kunnen classificeren als nieuw product?

Het begrip innovatie speelt hierbij ook een belangrijke rol. Innoveren betekent letterlijk vernieuwen. Daarbij is niet vastgelegd of het om een geheel of gedeeltelijk nieuwe vraag dan wel om een geheel of gedeeltelijk nieuw antwoord op die vraag of oplossing voor dat probleem gaat. Innovatie is meer een marketing term dan een technische term. "Schijn bedriegt" is vaak van toepassing in de marketing. Marketing is vaak liegen: er wordt een onwerkelijkheid aangeprezen. Nu zeggen marketeers daarentegen ook wel dat ontwerpers leugenaars zijn, want ze maken en tonen ontwerpen die nog niet bestaan. Ontwerpers doen niets liever dan hun ontwerpen realiseren en zij bereiken daarmee dat hun zogenaamde leugen toch werkelijkheid wordt. Terug naar de besproken graad van nieuwheid. Alles wat een ontwerpend ingenieur doet is een passend antwoord vinden op een nieuwe vraag, liefst een origineel en vernuftig antwoord, want dat is het streven van ingenieurs. Als een bestaande oplossing het antwoord zou zijn, is het niet aan de ingenieur om zich als ontwerper op te stellen, hoogstens als toepasser van een oplossing die anderen vóór hem reeds bedachten en uitvoerden. Het echte ontwerpwerk van ingenieurs heeft altijd met 'origineel & vernuftig' te maken, als basis van de opleiding en de opstelling. Innovatie is een toverwoord dat bij het vernieuwen van een enkele eigenschap van een product impliceert dat er meerdere eigenschappen vernieuwd zijn. Of als er meerdere eigenschappen vernieuwd en verbeterd zijn, dat dit dan voor het gehele product geldt. Innovatie impliceert upgrading van vernieuwing, zonder dat dit feitelijk bereikt behoeft te zijn.

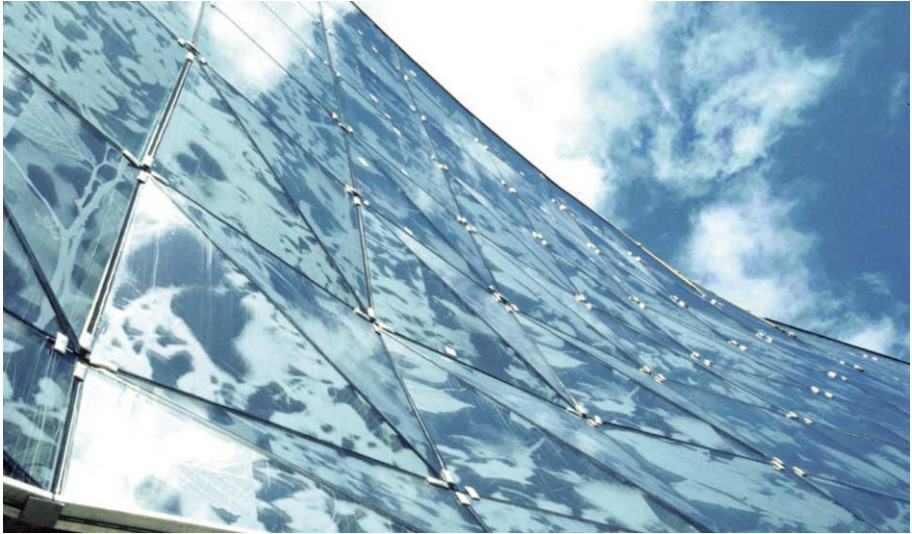


FIG. 36 Deel van de 'Blob'gevel van het Alphense stadhuis, met name dit deel is antiklastisch gekromd en wel zo sterk dat het indertijd alleen gemaakt kon worden in tringulatie [onderverdeling van rechthoeken naar driehoeken], zie fig. 33.

Een geheel nieuw product heeft niets aan de marketingpretentie van het woord innovatie, omdat het niet vergelijkbaar is met een product dat daarvoor al bestond. Dus voor de hoogste klas, voor geheel nieuwe producten (bijvoorbeeld een iPad) voor een nieuwe functie, hoeven we het woord innovatie niet te bezigen. Dat is meer een kleine revolutie. Producten die geheel nieuw zijn voor een bestaande functie zouden we nieuwe producten moeten noemen, terwijl nieuwe producten voor een nieuwe functie in wezen supernieuwe producten genoemd zouden kunnen worden. Om maar een term te introduceren. Deze geheel supernieuwe producten kunnen onderscheiden worden in een absolute betekenis [in de wereld] en in een relatieve betekenis [voor een beperkte kring, voor onszelf, hetgeen inhoudt wellicht niet voor anderen!].



FIG. 37 De waterverzamelende kozijnloze glazen vijver 1,4 m diep in het gemeentelijk Floriadepaviljoen in Hoofddorp, Haarlemmermeer, [arch. Asymptote Architects]



FIG. 38 De door middel van explosie op een betonnen mal vervormde aluminiumpanelen, op maat gemaakt om een deel van het gemeentelijk 'Blob'paviljoen op de Floriade te vormen, hier nog in proefopbouw in de fabriek [productie Exploform/Octatube]



FIG. 39 Achterzijde 'spaghettigevel' van stadhuis Alphen met voor het eerst in de geschiedenis van de productontwikkeling doel bewust geëngineerde getordeerde dubbel glaspanelen.

Als productarchitecten zijn we uiteraard geneigd, om de graad van onze originaliteit en vernuft te meten, uit te gaan van de innovatiegraad of nieuwigheidsgraad in de basiscriteria:

- Functie;
- Techniek;
- Vormgeving;
- Economie.

Als een nieuw product in beide aspecten Techniek en Vormgeving als nieuw scoort, dan vinden we dat een nieuw product. Aangezien we gewoonlijk producten zullen ontwerpen voor bestaande functies, nieuwe producten dus die bestaande producten zullen moeten gaan vervangen, is Functie slechts zelden een nieuwigheids criterium. Daarnaast is Economie het afgeleide van Techniek en Vormgeving (alsmede van verkoop, toepassingen nog zo enkele items) en speelt Economie op zich dus geen rol in de nieuwigheidsbeoordeling.

In alle oprechtheid zouden we vier categorieën van producten kunnen opsommen in afnemende graad van nieuwigheid:

- absoluut supernieuw;
- supernieuw;
- nieuw;
- vernieuwd;
- imitatie.

Met een verdere verfijning zou zijn een nieuwigheidsgradatie aan te brengen naar:

- één eigenschap;
- meerdere eigenschappen;
- de meeste eigenschappen;
- alle eigenschappen.

Volledig nieuwe producten zijn grensverleggend nieuw en uniek. Ze zouden oplossingen moeten bieden voor nieuwe problemen die tot nu toe met bestaande producten niet oplosbaar bleken. Bijvoorbeeld een nieuw, lichtgewicht en onbreekbaar glasachtig bouw materiaal dat constructief belastbaar, sterk en stijf is en chemisch resistent: het nog onbekende transparante constructieve materiaal 'Zappi', waarvoor in 1992 mijn zoektocht startte. Of een enkellaagse dakbedekking die vloeibaar kan worden uitgesmeerd op daken, overal op hecht, zelfs op vochtige ondergronden, geen last heeft van dampspanningen, waterdicht is en in meerdere kleuren verkrijgbaar. Of een gelamineerd gehard koud rond gebogen glasdak zonder metalen regels of stijlen met behoorlijke zonnearmtewerende capaciteiten, gecombineerd met een hoge lichtdoorlatendheid. Heel vaak is er voor deze nieuwe producten fundamenteel onderzoek nodig, dat werkelijk de onderste steen boven moet halen. Langdurig ontwikkelwerk met veel onderzoeksenergie, dat een grote financiële investering vergt, blijkt in het algemeen in de bouw nauwelijks mogelijk en niet gebruikelijk. De bouw is immers in technologische zin toepassingsgericht en

geen domein voor fundamenteel onderzoek. Maar vanuit toepassingen in de bouw kan wel tot fundamentele onderzoeken worden uitgedaagd. Aan de andere kant is het wel duidelijk dat, maatschappelijk gezien, ontwerpen een tunnel is waardoor veel resultaten van fundamenteel onderzoek naar de maatschappij worden geleid. Dat houd ik als wetenschappelijk ontwerper mijn collegae van de fundamentele faculteiten voor en zij beamen dat.



FIG. 40 Glazen Museumzaal ingericht voor het jaarlijkse Kamermuziekfestival, Prinsenhof in Delft (arch. Mick Eekhout)



FIG. 41 Ontwerp vijfsterrenhotel als superyacht, af te merken in het East India Dock, Londen, [ship design Tim Saunders]



FIG. 42 Glazen Muziekzaal in de Beurs van Berlage, Amsterdam (arch. Pieter Zaenen)

Daarnaast kunnen nieuwe producten vernieuwend werken op het denken [figuurlijk] en [letterlijk] het realiseren van het productenassortiment in de bouw als branche.

Vervangingen van bouwproducten door vernieuwde producten die op belangrijke punten verbeteringen vertonen ten opzichte van bestaande producten, doen dat vaak slechts in een of in enkele aspecten. Zoals aluminium kozijnen met enkele of dubbele koudebrugonderbreking. Zoals glaspanelen met een hoge isolatiewaarde en een onzichtbare coating die gedeeltelijk zonnewarmte maar ook veel licht doorlaten.

Imitatieproducten zullen in de regel alleen nieuw of innovatief zijn voor een bepaald bedrijf, maar zijn niet nieuw voor de markt. 'Me too' producten. Een houding die men aantreft bij een bedrijf dat ook denkt een graantje mee te pikken op de markt door een 'ik ook' houding, gewoonlijk nadat het andere bedrijven met een meer gedurfde opstelling de hete kolen uit het vuur heeft laten slepen. Elk bedrijf heeft gewoonlijk legio producten die zijn ingegeven door een voortdurend volgen van de markt, van wat gevraagd wordt en ook wat wordt aangeboden door de concurrentie in de branche. Volgers zijn vaak niet bijzonder origineel, maar ze vermijden door op een rijdende fiets springen de aanloopkosten en vooral de aanlooprisico's. Zo kunnen dus goedkoper zijn. Dat is ook vaak de reden van deze houding. Om succesvol te zijn dient een heel pakket aan ingrediënten, de 'productmix', zeer positief in te worden ingevuld. Opmerkelijk genoeg kunnen nieuwe producten daarin soms minder scoren dan imitatieproducten met een zorgvuldig samengestelde productmix. Er is dus meer nodig dan alleen technologie om een evenwichtig productassortiment te creëren. Het is dan ook niet onlogisch te veronderstellen dat marketeers altijd op gespannen voet staan met ontwerpers. Eens zei een medewerker van Pilkington tijdens een van de symposia van de leerstoel Productontwikkeling dat "Vernieuwing komt tot

stand door logisch denken, slim pikken en creatief uitwerken” [Kees Isselman, 1994]. Hij schreef het tweemaal op in de proceedings van het symposium over het overdekken van winkelcentra. Dus die uitspraak was zeer serieus bedoeld. En natuurlijk volgde hierna een ernstige berisping van de dagvoorzitter van het symposium en later uiteraard een heftige correspondentie. Ingenieurs worden mijns inziens geacht originele denkers te zijn.

Als productarchitect hebben we een visie over nieuwe, vernieuwde en imitatieproducten. Daarnaast telt natuurlijk ook de mening van het producerend bedrijf en de consumerende projectarchitecten. Als zij een product met slechts één significant verbeterde eigenschap als geheel vernieuwd accepteren, zal de producent zich haasten om daarbij aan te sluiten. In een overwegend conservatieve productenmarkt, zoals de Duitse, zal dat zelfs een pré zijn. Dan is de vernieuwing beperkt en kan die makkelijk omgezet worden in certificeren. Zodat men niet behoeft te verdrinken in het moeras van ‘Systemzulassungen’ en ‘Zulassungen im Einzelfall’. In Duitse gevallen is het beter dat er alleen sprake is van detailverbeteringen en van deelinnovaties om de autoriteiten niet kopschuw te maken en makkelijker hun toestemming voor gebruik in de bouw te krijgen.

Met de begrippen innovatief en nieuw wordt dus nogal eens geschipperd, en imitatie wordt uiteraard alleen de concurrentie verweten, liever ons zelf! Daadwerkelijk inzicht in het bovenstaande zou men kunnen verkrijgen door tijdens een bezoek aan een bouwbeurs een 100 tal als nieuw of innovatief aangeprezen producten te kunnen analyseren op hun werkelijke graad van nieuwigheid en dat te vergelijken met dezelfde 100 producten van vorige of volgende jaarbeurs. De hypothese zou zijn dat nieuw slechts beperkt zal zijn tot enkele percenten. Dat vernieuwt wellicht en zal op een tiental procenten producten van toepassing zijn en de rest blijkt imitatie. Interessant om verder uit te werken. Maar interessanter is om het aantal nieuwe producten drastisch op te krikken en daarmee als ontwerpers van bouwproducten onze invloed op de kwaliteit in de bouw op een positieve manier te laten gelden. Dat geldt zeker in een tijd dat er veel onrust in de bouw is, zoals ten tijde van het schrijven van dit boek, vanwege van een recessie die nog enkele jaren duurt. Deze recessie heeft een halvering van de omzet veroorzaakt voor veel bedrijven. Zij noopt tot nadenken hoe de markt weer veroverd kan worden met nieuwe producten als antwoord op latente vragen uit de markt na de recessie. Met andere woorden: nieuwe productontwikkeling kan in een stagnerend tijdperk ervoor zorgen dat de toeleverende bouwindustrie de sprong over de recessie heen zou kunnen maken.

Voor architecten geldt dat zij zouden kunnen stimuleren dat er in elk van hun volgende gebouwwontwerpen steeds een nieuw product zouden kunnen bedenken, selecteren of uitdagen tot het gebruik ervan door de performance uit te schrijven. In elk gebouw een nieuwe component. Dat zou leiden tot duizenden innovaties in de bouw per jaar, alleen al in de Nederland! Een soort variant op de bekende ‘eenprocentsregeling’ waarbij ongeveer één procent van het bouwbudget van openbare gebouwen uitgegeven wordt aan kunst.

Een verder niet oninteressante overweging is hoe nieuwe producten in de markt zouden worden ontvangen door professionele consumenten. We gaan ervan uit dat die consumenten projectarchitecten en aannemers zijn (gewoonlijk ligt bij een van de twee de beslissingsbevoegdheid tot het toepassen van een bouwproduct).

Sommige consumenten zullen een vernieuwing onmiddellijk gebruiken als die op de markt wordt geïntroduceerd. Soms uit opportunistische redenen, waarbij altijd het gevaar aanwezig is dat de eerste toepassing de enige blijft. Het 'first of the block effect' is een Amerikaanse illustratie hierbij: de eerste wijkbewoner die een roze Cadillac koopt zal veel opzien baren, de tweede is slechts een imitator van de eerste. Om de tweede en derde koper uit hetzelfde blok zover te krijgen is dus veel moeilijker dan de eerste. Projectarchitecten kunnen uitzien naar nieuwe producten omdat een functie beter of een vormgeving er mooier mee wordt ingevuld. Jo Coenen was in 1993 absoluut begeistert van het kozijnloze Quattro beglazingssysteem voor de hal van het Nederlands Architectuur Instituut in Rotterdam omdat daarmee het supertransparante glazen vlies op een nieuwe en unieke manier tot expressie kon worden gebracht.

Zaha Hadid ontwierp de Mediateque in Pau (Zuid Frankrijk) als witte Free Form Architecture. Het was een sculptureel wervelend gebouw. Toen ze de publicaties zag van de witte Free Form Architecture daken van het Rabin Centre van Moshe Safdie, besloot ze onmiddellijk haar gebouw in zwart uit te voeren. Dat wil zeggen in carbonfiber reinforced epoxy en natuurlijk zonder naden. Waarmee ze in een klap een superexperimenteel project kreeg, want carbonfiber daken zijn nog nauwelijks gemaakt in de bouw en zeker niet in afmetingen van 30x75m². De burgemeester van Pau wilde zijn 8e Grand Travaux Europees aanbesteden. De prijs van dit vrije vorm dak was 22 miljoen Euro terwijl het bouwbudget blijkens de raadsnotulen van Pau 20 miljoen totaal was. De Mediateque bleef een droom en een illustratie van het 'First of the block' denken, zie fig. 44.



FIG. 43 Nederlands Architectuur Instituut, Rotterdam, [arch. Jo Coenen] na de uitbreiding van 2010

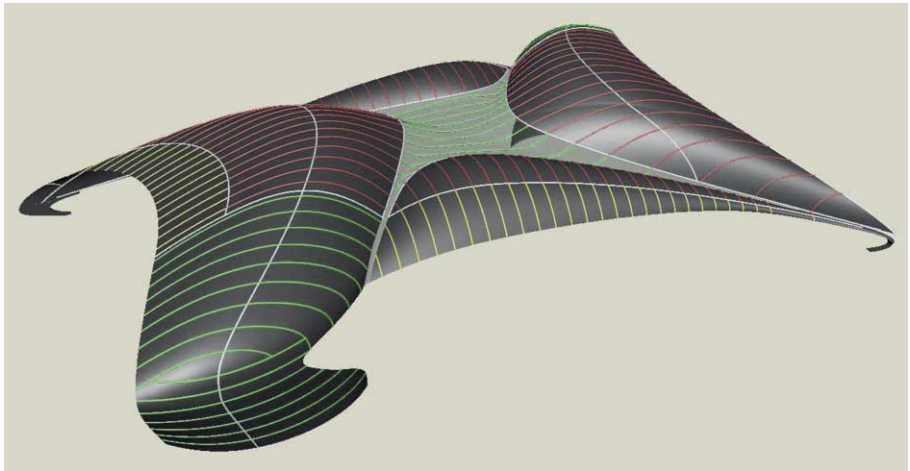


FIG. 44 Ontwerpvoorstel Octatube in naadloos carbonfiber tbv Europese tender voor Mediateque, Pau, Fr. [arch. Zaha Hadid]



FIG. 45 Douanekantoor met spaceframe, zonnedak en ondergehangen dak nabij Hazeldonk, [arch. Benthem & Crouwel]



FIG. 46 Inspectieuiluifel met space frame en ondergehangen dak op douanecomplex Hazeldonk (arch. Benthem & Crouwel)

Sommige hightech architecten (met name heb ik dat ervaren bij Foster Associates en Richard Rogers Partnership en bij andere Londense bureaus is het niet anders) hebben gelukkig een zo'n grote inzet in praktisch gericht onderzoek en ontwikkeling op het gebied van het gebouwcomponenten, dat ze zelf het initiatief nemen om hun als speciaal ontworpen gebouwcomponenten zelf te ontwikkelen.

Deze hightech bureaus hebben zelf productarchitecten in dienst die op hun beurt trachten de industrie uit te dagen en verder te trekken. Anderen zullen willen afwachten, totdat het product in de markt zijn waarde heeft bewezen. Vooral architecten die liefst kiezen uit een bouwcatalogus van producten met bewezen kwaliteiten, staan niet te trappelen om als eerste het nieuwe product te integreren in hun gebouw. Benthem & Crouwel hebben meerdere malen te kennen gegeven tot deze categorie te willen behoren: beter een innovatieve toepassing van een bestaand bewezen product dan een onzekere experimentele toepassing van een nieuw product. Daar spreek ik daarmee geen veroordeling uit, alleen een in hun ogen verstandige standpuntbepaling ten opzichte van technische of zelfs technologische (want dat gaat nog verder) innovaties in de bouw.

Aannemers zullen daarnaast gewoonlijk het praktijkbewijs van betrouwbaar kwaliteitsgedrag willen ontvangen. Dus zij willen nooit onwetend of zelfs bewust een eersteling bouwen. In mijn praktijk waren het altijd architecten die onze ontwerpen wilden hebben, ons vertrouwden en ons als product champion door het proces heen trokken en soms beschermden.

Weer andere, zowel architecten als aannemers, zullen nooit aan iets nieuws beginnen, maar zich bezighouden met het samenstellen van hun gebouwen uit ervaren en bewezen elementen en componenten en de verrassing reserveren voor de topologie van de elementen en componenten. Hier komt bij architecten de tegenstelling naar voren tussen het componeren en het uitvinden. Er is niets mis met een componist-architect die uit bestaande materialen, elementen en componenten een spannend ensemble als gebouw of architectuur weet te bedenken. Ik heb me altijd meer aangetrokken gevoeld tot het uitvinden. Ik ben in wezen een architect-uitvinder die slimme technische vindingen doet en daarmee zijn voetsporen nalaat.

In analogie met onderzoeksresultaten besproken in [Ref. 5], geldig voor de consumentenmarkt, zouden we voor de industriële bouwmarkt vijf categorieën van consumerende producttoepassers kunnen onderscheiden, gebaseerd op het tijdstip waarop ze een nieuw product toepassen. Als mogelijke producttoepassers zien we als beslissers: projectarchitecten en aannemers.

TREKKERS

Als trekkers worden de projectarchitecten gezien die zelf initiatieven nemen tot het ontwikkelen van nieuwe componenten in hun eigen projecten (projectgebonden producten ofwel speciale componenten). Door de ernst en diepgang waarmee ze dit doen, zullen ze de producenten vaak enkele stappen in de ontwikkeling vooruit zijn. Vaak kan de productontwerper van een producerend bedrijf snel op hun wensen inspelen door een nieuw product voor te stellen of een bestaand product rigoureuus te verbeteren. Maar hij kan ook een vervaardigingsmethode respectievelijk een realisering van de door deze trekkers of samen met deze trekkers bedachte producten voorstellen. Vaak zijn trekkers de producenten vooruit. En dan moeten producenten en hun productontwerpers hun uiterste best doen het initiatief over te nemen én met de trekkers weer een evenwichtige dialoog te voeren elk met een positieve inbreng. De Deense architect Jorn Utzon (1918-2008) was zo'n trekker toen hij in 1956 het Sydney Opera House ontwierp met zijn beroemde betonnen schaaldaken. Dat deed hij in een tijd dat niemand wist of en hoe dergelijke schaalconstructies te realiseren waren. Maar schaaldaken waren in opkomst. In 1959 zou de IASS opgericht worden, de International Association for Shell Structures. Utzon wist niets van schaaldaken maar las wel de publicaties over de betonnen schaaldaken van Felix Candela (1910-1997), een Spaanse architect die na de Burgeroorlog naar Mexico was uitgeweken. Utzon had met zijn voorstellingsvermogen een briljante ingeving. Hij won op voorspraak van Eero Saarinen de ontwerpwedstrijd met een schets, een krabbel die veel nieuws beloofde. Het was tegelijkertijd een volkomen raadsel hoe dat ontwerp gebouwd zou kunnen worden. Het kostte in het hierna volgende bouwproces enorm veel energie, tijd en

geld om het operahuis te realiseren, maar sindsdien is Sydney Opera House wel het icoon van Australië. De jonge constructief ontwerper Peter Rice van ingenieursbureau Ove Arup, die belast werd met de constructieve ontwikkeling had er jarenlang zijn handen vol aan.

Veel Britse hightech architecten kan men beschouwen als trekkers of 'pioniers' op het gebied van productontwikkeling, bijvoorbeeld Richard Rogers, die een nieuw type doorschijnend glas ontwikkelde voor het Lloyds gebouw in Londen, zie fig. 49.

En Norman Foster, die in de Hongkong and Shanghai Bank in Hongkong een op de zon geautomatiseerde reflectiespiegel ontwierp en ontwikkelde om zonlicht in het overdekte atrium van buiten naar binnen te laten reflecteren, een zonlichtspiegel.



FIG. 47 Lloyds gebouw in Londen, [arch Richard Rogers]



FIG. 48 Citicorp skyscraper in Hongkong met 32 m hoge kozijnloze glasgevel van Octatube, tyfoonbestendig: 5,5 kNm² winddruk [arch. Rocco Design]

Renzo Piano, is een ander voorbeeld van een hightech architect en bouwmeester die nieuwe schaalcomponenten ontwikkelde zoals lichtverstrooiers boven het dak van het Menhil Museum in Texas. Hij nam daarna in andere museumprojecten over de gehele wereld steeds weer nieuwe initiatieven om het daglicht op een andere wijze gefilterd, maar kleurecht, in de musea toe te laten. Hoewel Renzo Piano verder ging in de geest van Louis Kahn om indirecte verlichting via het dak te verzorgen, met een mooie lichtspreiding zonder verblinding, hebben zijn schalen een eigen plaats veroverd in productontwikkeling door hun prefabricage idee.

Een vaderlands voorbeeld van een pionier is Jan Brouwer, die in de jaren 80 en 90 de Nederlandse kunststof producerende industrie verder heeft geïnspireerd en uitgedaagd met zijn glasvezel versterkte polyestergevel componenten met hun karakteristieke vormgeving van ronde hoeken en verstijvingsribbels.

Architect Peter Gerssen paste in Nieuwegein voor het kantoor van de Zwolsche Algemeene de eerste 'structural glazing' gevel toe in Nederland, waarbij lang naar zocht en tenslotte hij een Amerikaans systeem importeerde.

Het Delftse architectenbureau van Jan Pesman en Michael Cohen, Cepezed, introduceerde in diverse projecten nieuwe productietechnieken in de architectuur en won verschillende Staalprijzen voor hun oeuvre.

Moshe Safdie, de architect van de Habitat in Montreal in 1976 (hij was toen 26 jaar oud) ontwierp de daken van het Rabin Center in Tel Aviv, die verder werden ontwikkeld en gerealiseerd door de auteur en Octatube als een wereldinnovatie van vrije vorm architectuur schalen in glasvezel versterkt polyester.

VROEGE TOEPASSERS

Vroege toepassers zijn een innovatieve, spraakmakende en opinieleidende groep professionals, naar wie door de gehele markt wordt gekeken en wiens mening in hoog aanzien staat. Als zij een product eenmaal goed genoeg vinden om te worden toegepast, zullen overige categorieën sneller volgen. Toch vormen deze professionals een groep die slechts een klein percentage van de markt uitmaakt (5 tot 15%), maar die snel geneigd is een innovatie toe te passen. In vergelijking met de latere toepassers zullen ze jonger zijn, technisch avontuurlijker en zitten vaak niet op de meest benepen of uitgeknepen projecten. Ze hebben een goede naam op het gebied van het nieuwe en dat ze graag zo willen houden. Ze hebben een bredere kijk op de ontwikkeling van de bouwtechnologie, een wereldwijde kijk op de architectuur. Vaak hebben ze al via andere bronnen gegevens en feiten gecontroleerd en vergeleken. Ze zijn geneigd op een inspirerend technisch verhaal eerder in te gaan dan op een verkoopverhaal, waar ze met hun deskundigheid makkelijk doorheen prikken. Goed onderlegd maar niet goedgelovig. In deze dagen van digitalisering en internet gaat een vergelijking maken of concurrerende aanbieding in de wereld opzoeken helmaal veel sneller dan voorheen. Voor de vroege toepassers is het internet een wereldwijde verbreding van het aanbod.

VROEGE MEERDERHEID

Deze groep accepteert innovaties vaak net iets eerder dan de meerderheid van de consumenten. Overtuigende contacten zijn verkopers, advertenties en de vroegere beslissers. Goed voor één derde van de beslissers. Ook hier speelt het internet een grote rol, maar in het algemeen moeten de producten persoonlijk aan de man gebracht worden. Ze zullen ze niet zelf opzoeken. Dus marketing strategieën kunnen op deze vroege meerderheid effectief worden oingezet.

LATE MEERDERHEID

Ook deze groep is een derde van de beslissers. Zij zijn echte 'kat-uit-de-boom-kijkers', nogal sceptisch als het innovatie betreft. Gewoonlijk zoeken ze naar innovaties uit economische motieven of daartoe aangezet door hun opdrachtgevers ('kom eens met wat nieuws'), want ze willen ze er ook geen enkel risico mee lopen. Ze gaan erg vaak af op de zeggingskracht van hun 'oudsten' of voorlopers. Het mondeling advies van collega's valt bij hen dan ook in heel wat vruchtbaarder aarde dan advertenties of verkoopverhalen.

TREUZELAARS

De laatste 16% van de markt zijn de supertraditionele treuzelaars. Zij zullen zich het laatst aan innovaties wagen, of als het projectarchitecten betreft, laten zij liever innovaties inbrengen door aannemers. Hetgeen gewoonlijk een slechte zaak is, want dan gaat het alleen maar om economisch voordeel, wie dat dan ook verkrijgt (aannemer of opdrachtgever). Tegen de tijd dat de treuzelaars toe zijn aan het nieuwe product kan het heel goed zijn dat de trekkers al weer bezig zijn met een opnieuw verbeterde versie van dat ene product. Ze lopen ook bij het uiteindelijk de eerste keer toepassen al achter.

Een waarschuwing bij deze marketing verdeling: zo zullen deze categorieën wellicht voor verschillende architecten in diverse disciplines van toepassing zijn. Men kan nu immers niet op alle fronten een voorloper zijn.

01.09 FAALRISICO'S BIJ PRODUCTONTWIKKELING

In de literatuur over marketing van nieuwe producten voor consumenten [Ref. 5] wordt gemeld dat het merendeel van de financiële investeringen in die productontwikkelingen niet lonend zijn vanwege de grote faalkans. Gewoonlijk wordt uitgebreid ingegaan op de redenen achter mislukte consumentenproducten. Gezien het feit dat slechts een klein percentage van nieuwe consumentenproducten een succes wordt en het overgrote deel ergens op het traject tussen productidee en productlancering strandt en gezien de hiermee gepaard gaande vernietiging van kapitaalinvesteringen, is het bijzonder zinvol de redenen achter een mogelijke mislukking te analyseren, voordat we ons in storten op het

ontwikkelingsproces zelf. Nu gedragen consumentenproducten zich in hun ontwikkeling niet hetzelfde als gebouwproducten, maar het is het goed om ons oor even te luisteren te leggen bij de markt van die consumentenproducten.

Volgens de Amerikaanse marketingadviseurs Booz, Allen & Hamilton [Ref. 5] is het realistisch om te schatten dat op de consumentenmarkt de kans op mislukking voor een nieuw geïntroduceerd product zelfs met een goede marketing voorbereiding op 80% ligt. Als we vanaf de nieuwe productideeën kijken (die natuurlijk niet alle zijn uitgemond in nieuw gelanceerde producten, want het zijn wensen voordat de productontwikkeling start) dan is dat percentage mislukte producten zelfs 98%. Dat wil zeggen slechts twee op de honderd nieuwe productideeën zullen overleven tot succesvolle producten.



FIG. 49 Mislukte TNO-proef voor de glasgevel van Citicorp Hongkong, omdat een bovenste glaspaneel tevel was gezakt uit het u-profiel en bij de hoge windbelasting door de bolle vervorming uit de sponning klapte en explodeerde



FIG. 50 De scherven op de grond bij de explosie fig.49 vlogen ook 15 m verder door de hoge overdruk in het TNO laboratorium in Rijswijk

Nu is de bouwnijverheid in dit opzicht geen consumentenmarkt, maar een industriële markt. Een ontwerp van een gebouw kent vele onderdelen, verdeeld in materialen, elementen en componenten, waarvan enkele onderdelen als nieuwe componenten ontworpen kunnen worden. En die worden dan ook altijd gebouwd. Goed of minder goed geslaagd, goedkoop of duur, aantrekkelijk of niet, met een duidelijke handtekening van de architect of juist niet. Gebouwen worden gebouwd uit onderdelen en daarvan worden de speciale componenten voor het betreffende gebouw ontwikkeld. Als de ontwikkelaar er niet goed uitkomt, zakt het niveau tot de toepassing van standaardsystemen en grijpt men terug naar het bestaande. Bouwcomponenten worden meer dan consumentenproducten gerealiseerd, omdat de bedenker ook de afnemer is. Maar nog meer wordt het product als een architecteigen product gezien en die kopieert men niet zo snel, zonder voor een plagiaatpleger te worden aangezien. De realisatie in één enkel project lukt wel, maar niet of nauwelijks meer in een volgend project en zeker niet in het project van een andere architect. Daarvoor is een omweg nodig en daarvoor is een meedenkende of vooruitdenkende producent nodig. Een producent die zelf speciale bouwcomponenten ontwerpt voor architecten, later ook ontwikkelt, die producten nog verder ontwikkelt tot een bouwsysteem

en dat bouwsysteem zonder de al te nadrukkelijke handtekening van de eerste architect, op de markt brengt. Zoals Octatube dat deed met achtereenvolgens verschillende systemen van ruimtevakwerken, daklichtbeglazingen, beglaasde koepelsystemen, glasconstructie systemen en metaallose dragende glasconstructiesystemen.

Scheldebouw uit Middelburg doet het anders en schrijft bij grote projecten in met speciale gevelsystemen die ze samen met de architect specifiek voor het betreffende project ontwikkelen. Wel op basis van bestaande kennis en inzichten, maar steeds speciaal ontwikkelde en gemaakte gevelsystemen.

Aluminium gevelsysteemleveranciers zoals Schüco of Alcoa hebben meer generieke systemen ontwikkeld voor aluminium glasgevels die als grootste gemene deler toepasbaar zijn op een groot aantal gebouwen, zoniet alleen in West-Europa maar ook de rest de wereld. Maar ook voor hen geldt dat niet alle subsystemen even aantrekkelijk zijn. Deze systeemleveranciers leveren hun profielen over de gehele wereld, terwijl er toch heel verschillende klimaatzones zijn, die de performance van die systemen heel anders ervaren. Marcel Bilow wijdde er zijn proefschrift aan '*International Facades*'. [Ref 35].

Zo heb ik in 1991 met architect Mart van Schijndel [1943-1999] een stalen gevelsysteem ontwikkeld voor Jansen uit Zwitserland, dat specifiek bedoeld was voor de Nederlandse markt met zijn hang naar slanke en minimale profielen, mogelijk een opvolger van de stalen stoeltjesprofielssystemen van het Modernisme. Het was een ontwerpwedstrijd waaraan ook Norman Foster meedeed. Het resultaat van de presentatie was dat Jansen niet geloofde dat ons 'Slimline' systeem voldoende aantrekkingskracht uitstraling voor de internationale markt zou hebben en er werd besloten om daarin niet te investeren. Stalen walsprofielen zijn uiteraard duurder dan aluminium profielssystemen. Ik heb daarop het systeem gebruikt bij de bouw van mij eigen huis in 1992 en was er tevreden over, behalve dat er toch meer condens in zat dan verwacht.

Enkele jaren na het Slimline ontwerp waren de eerste stappen al gezet met de kozijnloze beglazing in dubbelglas. In 1995 was er voor het NAI in Rotterdam een kozijnloos beglazingssysteem ontwikkeld en gerealiseerd waarbij de binnenplaten van het dubbelglas doorboord waren en door middel van geboute roestvrijstalen schijven en bouten bevestigd aan de achterconstructie van trekstangen, terwijl de buitenplaat van het dubbelglas gekit was via de spouwlat tussen binnenplaat en buitenplaat. We hadden de aluminium of stalen roeden helemaal niet meer nodig. Met glas alleen kon het ook.

Even terug naar het verschil tussen consumentenproducten en industriële producten. Een karakteristiek verschil is dat het bouwproduct gewoonlijk een lange levensduur heeft, soms zelfs langer dan de levensduur van het een gebouw. In feite is, bij de huidige stand van zaken, "de ontwikkeling van nieuwe producten het slechtst beheerste proces in de industriële onderneming" [citaat Prof. Ir Paul de Ruwe in zijn inaugurele rede 'Jonggeleerd']. Slechts een zeer kleine fractie van alle productideeën resulteert in een succesvol product. De definitie van succes is als tot een product voldoet aan de verwachtingen, die de onderneming had bij de start, of beter dan dat.

Van alle productideeën voor consumentenproducten die ter hand worden genomen, faalt bijna 80% voordat het programma van eisen is afgerond. Stoppen in een zo vroeg mogelijke fase van het productontwikkelingsproces, is misschien het minst zorgelijke van alle mislukkingen: de inspanningen zijn dan nog immers klein. De vertraging bij de start van het volgende mogelijk wel succesvolle product kan niet meer worden ingehaald. Daarna wordt in 3% van de gevallen gestopt voordat het concept definitief is vastgesteld. Tijdens het detailontwerpen faalt slechts een 0,5% van alle gestarte ideeën want het idee moet nu eenmaal worden uitgewerkt en de engineering is qua investeringen een goedkope ontwikkelingsfase.

Maar in de fabricage en in het op de markt brengen van het product strandt er nog respectievelijk 5 en 7,5%, want dat zijn meer kapitaalsintensieve fasen. Bij elkaar een opbrengst aan succesvolle producten van minder dan 5%. Voor de start van een kostbaar industrieel ontwikkelingsproces een alarmerend laag getal, ook al is die afkomstig uit de consumentenmarkt! Een gewaarschuwde man telt voor twee.

De bouwmarkt heeft met zijn traditionele sfeer van projectmatige opdrachten zich altijd weten te onttrekken aan de kostbare onbekende invloeden op de afzet van industriële producten die bedacht en geproduceerd werden en daarna op de markt (met haar onzekere eigenschappen) werden gebracht.

In de traditionele bouw was het lang andersom: er werd eerst bedacht wat te maken, vervolgens werd gekocht en pas daarna vervaardigd. De marketinginvloed was dus minder sterk dan in het geval van de consumentenmarkt. Productontwikkeling stelde dan ook in de traditionele bouwmarkt niet veel meer voor dan kiezen uit bestaande materialen uittekenen en maken.

Maar materialen worden kostbaarder, arbeidslonen worden kostbaarder, handwerkspecialisten worden schaars en productietechnieken steeds meer verfijnd en gespecialiseerd. Ook in de bouw worden steeds meer componenten in werkplaatsen en fabrieken buiten de bouw 'off site' vervaardigd en voordat men op de bouw zover is. We spreken dan ook van prefabricage. Die specialisatie roept om concentratie van opdrachten en zo komt de bouwproducent tenslotte toch op de industriële bouwmarkt terecht. Daar dient hij zijn producten voortdurend te blijven ontwikkelen om de concurrentie voor te blijven. Veel producenten in de bouwindustrie die succesvol zijn, gebruiken productontwikkeling voortdurend, omdat ze veel vaker dan hun collega's nieuwe producten op de markt brengen, er veel meer nieuwe technologie in investeren, een korte productontwikkelingstijd trachten aan te houden en in veel meer productcategorieën en geografische markten thuis zijn. Bovendien zit er in productontwikkeling ook een zeker leereffect (hoe meer er geïnnoveerd wordt, des te efficiënter kunnen die processen gevoerd worden) en wordt het duidelijk dat productontwikkeling een goede voorsprong op de concurrentie kan geven.

Reden van een mislukking blijkt vaak door onderstaande analyses veroorzaakt.

1 Onvoldoende marketinganalyse.

De literatuur over consumentgerichte productontwikkeling is zeer leerzaam. Ongeveer de helft van de bedrijven faalt achteraf met het product omdat het de markt niet goed onderzocht heeft. Soms wordt een verkeerd product voor de markt gemaakt, in andere gevallen een product voor de verkeerde markt. Een dergelijk gebrek aan marktonderzoek ontstaat wanneer de producent niet genoeg tijd voor marktanalyse neemt als zijn concurrent met een nieuw of verbeterd product op de markt komt en hij zich genoodzaakt voelt niet achter te blijven. Dit soort acties leidt nogal eens tot overhaaste en onverstandige beslissingen.

2 Technische problemen met het product.

Een fors deel van de mislukkingen is te wijten aan het niet goed functioneren van het product. Vaak gaat het daarbij om gebreken die best voor de introductie hadden kunnen worden ontdekt, maar door een te haastig productontwikkelingsproces werden overgeslagen of over het hoofd gezien, respectievelijk werden gebagatelliseerd als: "dat lossen we dan wel weer op". Voordat het product wordt gelanceerd moet de vraag gesteld worden: wat doet het nieuwe product meer dat andere producten niet doen? Als het antwoord dan ontkenkend of weifelend is wordt het nieuwe product ook geen succes. Afhankelijk van de branche zijn technische problemen al of niet intolerabel. Denk aan de vliegtuigbouw met zij extreem hoge mate van veiligheidsvereisten.

In het algemeen is het heel verstandig om direct na de identificatie van de geanalyseerde de grootste problemen bij de kop te pakken en daar direct mee te beginnen en de kleinere problemen later op te lossen. Geen grote problemen voor je uit schuiven, of hopen dat je daar een collega wakker voor kunt maken. Eerst de grootste of primaire problemen aanpakken daarna pas de kleinere of secundaire problemen.

3 Onverwacht hoge productiekosten.

Als de definitieve kostprijs van een product hoger uitvalt dan aanvankelijk geraamd, dan zou het product wel eens onverkoopbaar kunnen blijken op de markt. In dat geval is het raadzaam een andere productiemethode te kiezen, het product geheel in licentie uit te geven, of er doodeenvoudig mee te stoppen en de verliezen te incasseren. Geen bedrijf zal een product willen maken waarvan de opbrengst niet minstens gelijk is aan de direct variabele kosten; over de overheadkosten kan in uitzonderingsgevallen nog wel eens heengestapt worden. Slimme detailleringen zouden kunnen helpen, minimaal materiaalgebruik ook, evenals investeringen in efficiënte productiewijzen, machines of flexibele robots. Maar naast kopen van machines kan ook van huren een oplossing bieden.

4 Kracht of reactie van de concurrentie.

De meeste redenen voor mislukking van een product vallen binnen de grenzen en mogelijkheden van de producent. Soms is er een markt die plotseling wegvalt of dichtklapt, soms zullen de concurrenten ook sneller op een introductie reageren als als ze eveneens al een soortgelijk nieuwe product hadden ontwikkeld, alleen nog niet geïntroduceerd op

de markt. Soms kan ook alleen een subtiele prijsverlaging van een bestaand product veel wervende kracht van een nieuw product wegnemen. In Israël heb ik een paar afwisselende cycli meegemaakt van prefabricage en traditioneel bouwen. Het verschil zat hem in de toegang van Arabieren tot de Israëlische markt en de toetreding van Oost-Europeanen naar Israël. Werd de grens met Gaza dichtgezet, dan waren er te weinig bouwvakkers en ging men over naar industrialisatie en prefabricage. Waren die Arabieren toch weer welkom, of kwamen er veel Russische Joden het land in, dan waren er handarbeiders voldoende en was dat tijdelijk weer een goede impuls voor traditioneel en arbeidsintensief bouwen.

5 Slecht gekozen tijdstip van introductie.

Af en toe komt het voor dat er een nieuw product wordt geïntroduceerd waar nog geen markt voor is. 30 jaar geleden gebruikte ik voor een villa volledig geprefabriceerde hardhouten kozijnen met glas erin, in de cellofaan aangebracht op het werk en daarna ingemetseld. Ze waren 10% duurder dan de traditionele kozijnen met het metselen en beglazen. Maar de timing was te vroeg en de aannemers met machinale werkplaatsen boden zelf hun traditionele kozijnen aan voor een 10% lagere prijs, zodat het bedrijf na enkele jaren op de fles ging. Te vroeg gestart, misschien wel 20 jaar te vroeg.

Vaker echter komt het voor dat het nieuwe product op de markt komt nadat een soortgelijk product van een andere producent allang aan de markt vraag heeft voldaan. De ingewikkelder interne procedures bij het productontwikkelen en de steeds trager verlopende externe procedures bij het bouwen van fabrieken voor nieuwe producten kunnen er de oorzaak van zijn dat men te laat op de markt reageert. Vaak moeten geplande introducties een lange tijd worden uitgesteld door de bureaucratie. Het kan ook zijn dat de markt inmiddels veranderd is of juist de belangstelling van de producent. Een sprekend voorbeeld van slechte marktintroductie voor een nieuw of vernieuwd product in de bouw is dat om het korte tijd na een grote Bouwbeurs te doen.

6 Geen effectieve marketinginspanning.

Vaak wordt een nieuw product niet begeleid door de nodige extra zorg die een marktintroductie nodig heeft. Men stort zich nogal eens op het volgende project, nauwelijks nadat het nieuwe product op de markt is geïntroduceerd. Ik bezondig mij ook aan dit feit: naast mij staat een wasmand vol knettergoede ideeën die allemaal eenmaal zijn uitgevoerd en die een verdere ontwikkeling tot een algemeen bouwsysteem zouden verwelkomen. Voldoende voor een bedrijf van 200 man. Maar management was en is mijn passie niet.

En juist in de periode direct na de lancering van het nieuwe product moet vaak na de ontvangst van de eerste reacties van potentiële afnemers, de marketingstrategie worden aangepast. Ook wordt vaak de fout gemaakt dat de producenten zich op markten begeven waarop zij geheel nieuw zijn, of nieuwe producten verkopen waarin ze geen ervaring hebben. Een overhaast betreden van de markt leidt vaak tot een teleurstelling, niet omdat het product op zich niet goed zou zijn, maar omdat de marketing mix van een bepaalde productmarkt [een combinatie van bijvoorbeeld voorlichting, dienstverlening bij ontwerp uitvoering en distributie] anders is dan verwacht. In dat soort gevallen is het wijs een

licentie te verschaffen aan een bedrijf dat zijn sporen al verdiend heeft met soortgelijke producten. Internationale markten moeten worden aangepakt vanuit een moederproducent.

In wezen kan het product in alle activiteiten en fasen van het ontwikkelingsproces sneuvelen. Een aanmoediging om vooral alert te zijn en liever meer achterdochtig dan gemakzuchtig. Het kan altijd op kleine punten fout gaan. Daarnaast geldt altijd de wet van Murphy: Het gaat bijna altijd fout en nooit automatisch goed. We moeten echt onze toekomst zelf ontwerpen. Als we onze energie efficiënt willen benutten, moeten we voorzichtig handelen, zullen we soms naïef moeten zijn maar normaliter moeten we scherp en voorzichtig zijn. En we zullen risico's moeten nemen.

01.10 DRIE MISLUKTE PRODUCTEN BIJ OCTATUBE

Om de redenen voor mislukkingen te staven, herinner ik mij een drietal eigen [Ocatube] cases.

Allereerst de producten die wel werden bedacht en aangeboden, maar nimmer tot uitvoering kwamen. Gewoonlijk zijn ze in prijs te duur in vergelijking tot alternatieven die voor de aanvrager ook acceptabel zijn en die kunnen rangeren van gewone alledaagse producten tot technisch vergelijkbare producten. Een voorbeeld van een tot op heden mislukt product met een zekere pretentie zijn de transparante geluidsschermen, door voormalig Rijksbouwmeester architect Tjeerd Dijkstra en constructief ontwerper Mick Eekhout ontworpen en ontwikkeld. Met het ontwerp werd een tweede prijs in een geluidswandenwedstrijd gehaald. Intussen was een Europees octrooi verleend (getuige van voldoende nieuwigheid), maar stakte de ontwikkeling doordat de productiekosten hoger bleken dan verwacht. Er was een kleine opdracht nodig om het serie-effect in te schatten bij productie en realisatie. Doordat er bij mij weerzin was om een marketing te starten bij de infra-aannemers en omdat tussen de twee ontwerpers onenigheid ontstond over welke materialen optimaal konden worden toegepast. Tjeerd Deelstra dacht aan acrylaat en Mick Eekhout dacht aan glazen vlakken en stalen steunen. Twee kapiteins op het schip, niet bevorderlijk voor de duidelijkheid van de koers.

Een tweede voorbeeld is het tot op prototype gebrachte product dat geen werkelijke toepassing heeft gekend. Bijvoorbeeld het 'Flowtube' knooppunt. Reden: slechts een marginale verbetering van het Octatube ruimtevakwerksysteem. Geen promotionele activiteiten uit vergeetachtigheid en ontwikkeld in een tijd die niet meer zat te wachten op een nieuw ruimtevakwerkknooppunt. Bovendien zat het hoofd van de bedenker alweer vol met andere plannen. Het ontwerp heeft het ooit gehaald als illustratie in mijn proefschrift in 1989. Maar industrieel ontwerper Frans de la Haye [ligfiets, Auping bedden, Shell stations] maakte bezwaar tegen de naamvoering omdat hij het inmiddels al geclaimd had. Achteraf bleek het in de jaren 30 in Amerika al gebruikt te zijn geweest.

Later is het systeem 'Streamline system' gaan heten en gebruikt voor de koepel van de Friesland Bank in Leeuwarden.

Een derde voorbeeld waren de glazen liggers in het hoofdkantoor van Zwitserleven te Amstelveen, aan de A9. Het gebouw was ontworpen door Pi de Bruin. De constructie van de 27 m overspannende glazen liggers op 25 m hoogte recht boven de hoofdingang van Zwitserleven verzekeringen was bedacht door Rob Nijse (ABT). We verschilden ernstig van mening over de technologie. Blijkt ook uit zijn boek 'Glass in Structures', waarin hij zich beklaagd over de bouwindustrie die niet in staat is zijn ideeën te verwezenlijken. Citaat: "The contractor did not want to build the glass louvers [...] considering the concept to be unsafe and dangerous, although I wonder whether this point of view is dictated by sheer beneficial interest in the public or by a simple financial situation". De glazen liggers bestonden uit glazen in drie lagen gelamineerde en ongeharde glasplaten, die door middel van stalen bouten in stalen platen waren verbonden en door middel van de verstagingssysteem zoals bij masten van zeilschepen - waren gestabiliseerd tegen wind. Na de aanbesteding bleken we de enige partij te zijn die het aandurfde, zij het met de aantekening dat we niet geloofden dat de constructie betrouwbaar zou zijn. Dus er werd een scheiding gemaakt tussen ontwerpaansprakelijkheid en uitvoeringsaansprakelijkheid. Omdat ABT tenslotte toch niet voor de ontwerpaansprakelijkheid verantwoordelijk wilde blijven, maar wel het ontwerp gerealiseerd wilde zien. De architect steunde hem daarin, moest er een lang traject gevolgd worden van onderzoek en testen. Meteen bij de aanvang had ik een plan B gepresenteerd: twee hangende kabels op 50 mm uit elkaar als hoofd draagconstructie en daar de glazen panelen tussen gehangen. Heel goed mogelijk en een heel veilige constructie. Maar de constructeur weigerde een dergelijk plan dat niet de glasconstructie primair werkzaam liet zijn, maar 2 stalen kabels van 20 mm diameter op 25 m hoogte. Wie ziet die kabels? Dus hebben we 3 jaar lang uitgebreid laboratoriumwerk gedaan, vanwege het extreem hoge risico leidde ik zelf het project, 90% van de opdrachtsom werd besteed aan onderzoek en testen. De opdrachtgever beaamde de conclusie van ons project dat dat het gewenste ontwerp onmogelijk was. Er was nog 10% van de bouwsom van de glazen louvers over om twee roestvast stalen buizen die overspanning te laten maken van 25 m. Voor een uitgebreide omschrijving wordt verwezen naar:

Pas 8 jaar later zou een civiele afstudeerder, Fokke van Gijn erin slagen met behulp van lijmtechnieken een knooppunt te ontwikkelen dat 20x sterker was dan het geboute knooppunt dat Zwitserleven bij de uitschrijving voor ogen stond. Het is het enige Octatube project dat ik achteraf als een mislukt project beschouw, hoewel we zorgvuldig volgens de regels van goed en betrouwbaar ingenieurswerk hebben gehandeld. Ook werden alle kosten netjes betaald [Ref. 36].



FIG. 51 De schaal 1 op 2 proefopstelling van de glazen ligger van het Zwitserleven hoofdkantoor, Amstelveen, in werkelijkheid 27 m overspannend op 25 m hoogte recht boven de hoofdingang, uitgevoerd met de details 1 op 1 met waterbakken te belasten met een eigengewichtzeeg en onvoldoende draagvermogen, waardoor het ontwikkelend onderzoek na 3 jaar werd afgebroken



FIG. 52 Het gelijkijde glasverbindende knooppunt ontwikkeld door Fokke van Gijn als afstudeerwerk Civiele Techniek bij Octatube, 8 jaar na dato project Zwitserleven

01.11

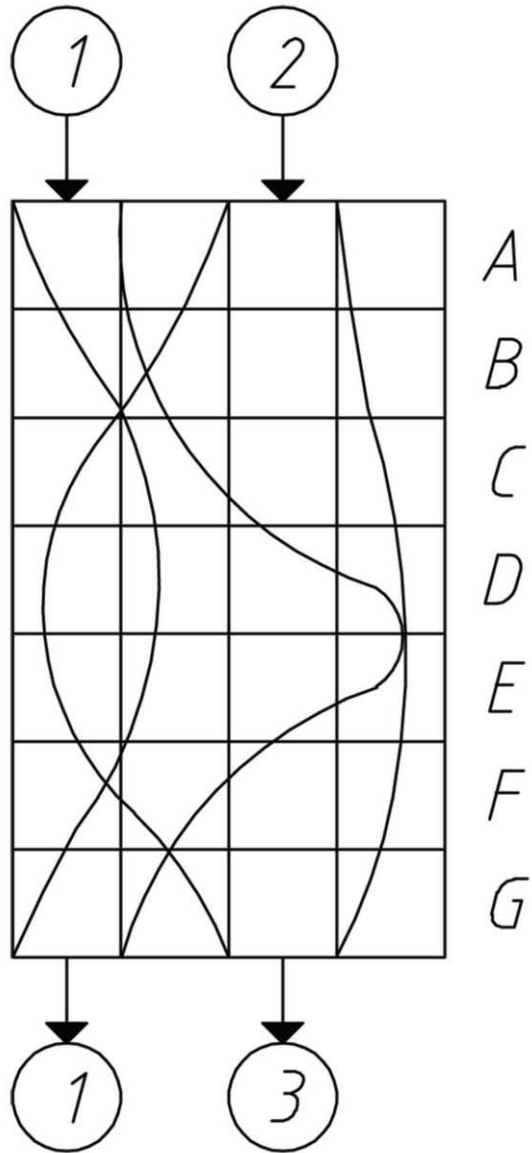
WET VAN MURPHY

De bedoeling van deze paragraaf is eigenlijk ontleend aan de mislukkingen van het hoofdstuk hiervoor. Zolang er in de bouw niet voldoende discipline is om de procesorganisatie aan te passen aan de eisen van het geprefabriceerd bouwen, wordt het niets. Vaak zijn architecten geneigd tot op het ogenblik dat de geprefabriceerde elementen en componenten op de bouw verschijnen, veranderingen op te geven, als het gewoon bouwmaterialen betreft die men kan kiezen en veranderen. Elementen en componenten hebben een lange weg van ontwerpbeplanning en productie achter de rug als ze op de bouwplaats worden afgeleverd. In het algemeen wordt ook niet door de architect en de aannemer voldoende tijd aangehouden om het voorbereidingsproces naar behoren (in de zin van de productie discipline) te doorlopen. De aannemer beslist te laat omdat hij nog op een paar concurrerende prijzen zit te wachten. Hij aast op een 'hefboom effect': met weinig moeite en geen enkel risico veel geld verdienen door een nog lagere prijs te bedingen of een aanbieder met een nog lagere prijs te vinden, respectievelijk van een onwetende branchebroeder een naïeve concurrent te maken. De architect vindt het niet op zijn weg liggen al een aankoopbeslissing te forceren.

Met traditionele materialen werkend kon de aannemer bij vele aanbieders zijn materialen kopen. Nu is die keuze beperkt, de aanlooptijd ('lead-in time') veel langer. We hebben het hier over systeemproducten en over speciale producten.

Die lange 'lead-in times' zijn soms heel bepalend voor de algehele bouwplanning. Voor de bestelling en productie van roestvast stalen balken in een balkrooster voor het Centro de Arte Botin in Santander naar ontwerp van Renzo Piano, uit te voeren in duplex roestvaststaal, bedroeg de 'lead in time' tussen start-engineering en het monteren op de bouw 9 maanden.

Wat heeft de Wet van Murphy hiermee van doen? Wel, het prototypische ontwerpen en bouwen lijkt wel in zijn procesvoering zoveel graden van moeilijkheid en informatieoverdracht te hebben die fout kunnen gaan, dat we altijd wel kunnen zeggen dat alles wat fout kan gaan, ook werkelijk fout gaat. Foutmeldingen uit de meest onverwachte hoeken. Productontwikkeling is een vakgebied dat heel bewust en geconcentreerd moet worden beheerd. Zeker met het introduceren, ontwerpen en ontwikkelen van nieuwe materialen voor dragende constructies zoals voorgespannen karton, van nieuwe wijzen van produceren, glasvezel versterkt polyester in het vacuüminjectie methode, van nieuwe verbindingswijzen, lijmen van glaspanelen aan Quattro's, van nieuwe constructiesystemen zoals vlakke glazen vinnen en elliptische stalen buizen voor kozijnloze beglazingen, hebben alle een lang ontwikkeltraject nodig. Elke stap kan goed of verkeerd uitvallen. Is er geen aandacht voor dan gaat het verkeerd. Het gaat altijd verkeerd zonder aandacht. De wet van Murphy zegt voor productontwikkeling dat elke fase, elke stap bewust en met aandacht doorlopen moet worden, actief en assertief. Er abstraherend gedacht moet worden zoals bij schaken.



construction

02 ONTWERPORGANISATIE

Het ontwerpen van nieuwe opgaven met nieuwe materialen en technieken, is in elk architectenbureau met een voortdurende stroom van projecten die veelal op de routine draaien, te vergelijken met de positie van een ontwikkelingsafdeling van een nieuwe type auto in een autofabriek. Het gebruikelijke horizontale procesmodel waarin continue productie goed gedijt, wordt nu doorkruist door een verticale stroom geleid door een projectleider die zich hoofdzakelijk bekommert om zijn eigen project en dat binnen zijn tijdsplanning uit moet voeren. Ontwerp- en ontwikkelafdelingen worden niet voor niets vaak buiten het productieproces gehouden. Aannemers zullen zeggen: “ontwerpen, ontwikkelen en experimenteren moet naast de bouwplaats gebeuren en zeker niet op deze bouwplaats”.

02.01 HET HORIZONTALE AFDELINGENMODEL

Het traditionele architectenbureau is opgedeeld in afdelingen, met inbegrip van een aantal ad hoc toegevoegde afdelingen buitenshuis, zoals die van de constructeur, de kostenadviseur, de bestekschrijver zorgen voor een vlotte verwerking van de projecten indien het ontwerp bestaat uit onderdelen die in alle afdelingen bekend zijn. Alle afdelingen hebben binnen en buiten hun hiërarchie en arbeidsverdeling, hun specialisatie en verwerkingssnelheid. Het werkt goed als productieunit voor bekende gebouwen en gebouwtypen zoals de woningbouw of utiliteitsbouw als output. De introductie van ontwerpprocessen waarin de termen complex, experimenteel, uitgebreid, snel en nieuw een stempel drukken, zorgt er voor dat de scheidingen tussen de afdelingen zich duidelijker beginnen af te tekenen dan de overeenkomsten. In dat geval begint het verlies aan informatie en motivatie bij elke overgang van de ene afdeling naar de andere duidelijker nadelen te vertonen, met als resultaat in langer overleg en discussies. Als de scheidingen tussen de opeenvolgende afdelingen binnen één bedrijf vallen, is daar misschien nog wat aan te doen.

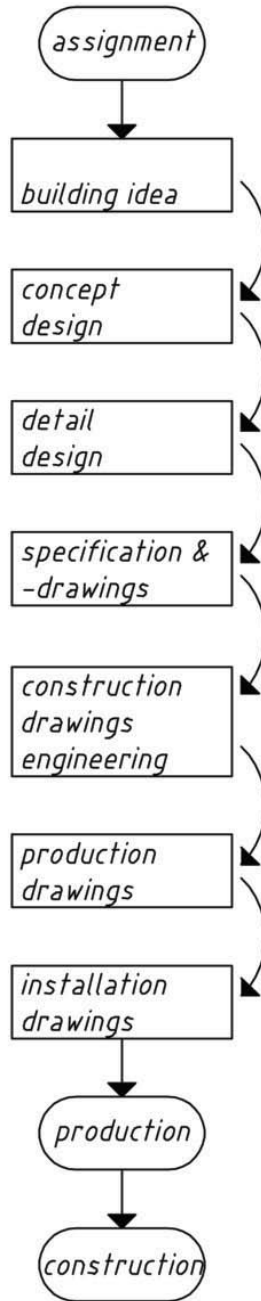


FIG. 53 Overdracht van tekeningeninformatie over geheel verschillende fasen in de voorbereiding van een bouwproject, waardoor gemakkelijk spaakverwarringen en onduidelijkheden kunnen ontstaan

Maar als de scheidingen in feite niet tussen afdelingen maar tussen aparte bedrijven staan, is het probleem nog groter. Een duidelijk voorbeeld is de adhoc bouworganisatie rondom een nieuw bouwproject. Die organisatie van een dergelijk bouwteam is horizontaal sterk geled in onafhankelijke bedrijven die elk uit eigenbelang het project behandelen. Het gebeurt niet zelden dat de daadwerkelijke aanvragen voor de prijs van een onderdeel van een gebouw vanuit een hoofdaannemer verzonden wordt op een aantal A4tjes, waaruit met moeite een inzicht kan worden verkregen over de verbanden met andere onderdelen, laat staan over de relatie met het onderdeel tot het geheel en over het geheel. Terwijl de architect maanden lang bezig is geweest om uitvoerige tekeningen te maken waarop ook de positie en het belang van het aangevraagde onderdeel naar voren komt.

De overdracht van informatie en de communicatie daarover verloopt soms heel merkwaardig, zeker in het licht van de huidige 'informatiegeneratie'. Een architect die 4 jaar werkt aan een stedelijk verlichtingsplan en als de officiële aanbesteding met 5 partijen gedaan wordt, terwijl de welstand even later zijn goedkeuring niet blijkt te geven en het proces gestopt dient te worden.

Het andere uiterste komt ook voor dat er via het internet een berg informatie aan tekeningen wordt verzonden zonder al te uitvoerige indeling en bewegwijzering waardoor een korte blik van de ontvanger alleen maar vragen oproept. Zo kregen we voor de gevels van het Spartak stadion in Moskou digitaal meer dan 500 tekeningen en allemaal in het Russisch gesteld, aan 2 goedgekozen detailtekeningen zouden we voldoende hebben gehad. Te weinig aandacht. Deze gang van zaken brengt erosie van informatie en motivatie met zich mee.

De bedoelingen van de originele ontwerpers komen zo niet duidelijk over. In het uitvoeringsproces van de bouw zijn de bovengenoemde afdelingen gewoonlijk ook zelfstandige ondernemingen. Tussen die ondernemingen bestaat zelfs niet het streven naar eenzelfde doel, namelijk winst in het totale bedrijf. Door de versplintering in de bouw en de zelfgerichtheid is het horizontale model ook wel te begrijpen. Het model functioneert echter niet meer bij steeds complexer wordende bouwprocessen, omdat zo'n proces gedoemd is te verworden tot een stammenstrijd. Elke bouwvergadering kan een aanvaring tussen verschillende belangen worden, zoals de huidige bouw-processen in toenemende mate laten zien. En de recessie met haar smallere marges maakt de sfeer er niet beter op.

Voor het Mauritshuis is een geheel glazen lift in de maak, naar ontwerp van Hans van Heeswijk. Mijn voorstel was om de glazen ronde lift, een ronde cilinder uit rond gebogen glazen platen te laten bestaan en enkele verticale glazen vinnen. Wellicht zouden die vinnen dan ook de geleiding van de liftkooi kunnen veroorzaken. Een geheel een nieuw idee. Het liftmechaniek wordt geleverd door Mitsubishi. Al snel na de eerste gesprekken ontstond het beeld dat Octatube van alles wil, die vrijheid neemt en ook waar maakt, terwijl Mitsubishi aan alle kanten aan certificaten vastzit, goedgekeurd door het liftinstituut, dat de houding van hun engineers zeer onbuigzaam maakte. Twee bedrijven op één klein onderdeel van een project met grote verschillen.

HET VERTIKALE PROJECTLEIDERSMODEL

Daarom is in het voorbereidingsproces een 'verticale' projectleider van het architectenbureau in de weer om wrijvingen tussen de afzonderlijke afdelingen te minimaliseren en is er in het uitvoeringsproces een 'verticale' projectleider van de hoofdaannemer bezig om de zelfstandige bedrijven die als onderaannemers en producenten bij het project betrokken raken, op één lijn te krijgen.

Het voordeel van het verticale 'projectleidermodel' is dat er een duidelijke projectleider het ontwerp of het project door alle afdelingen in de voorbereidingsfase en door alle bedrijven in de uitvoeringsfase heen trekt. In eerste instantie past dat model bij een 'corporate' proces, dus binnen in een enkel bedrijf. In de uitvoerende bouw met zijn verzameling van adhoc bedrijven per bouwproject zou een dergelijke wijze toch betere vruchten moeten afwerpen, in de zin dat er efficiënter gewerkt kan worden, wellicht op kortere termijn, met minder man-uren, minder kosten en werkend naar een beter product.

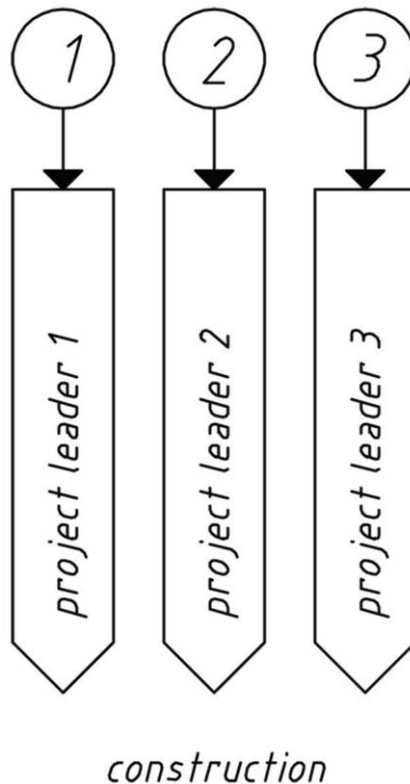


FIG. 54 Het model van de projecten met hun projectleiders die vertikaal door een horizontaal gelaagd en geleid bedrijf heen sturen

Veel energie gaat gewoonlijk verloren in de strijd tussen de horizontale structuur van het bedrijf en de verticale gerichtheid van de projectleider. Hoe sterker de projectleider, hoe beter het project doorstroomt. Hoe zwakker de projectleider, des te langzamer zal de ontwikkeling gaan, dank zij de autonome beslissingsbevoegdheden van de afzonderlijke hoofden in hun horizontale afdelingen of bedrijven. Het gevecht tussen de competenties van de horizontale afdelingshoofden respectievelijk de onafhankelijke bedrijfsleiders (die een stroom gelijksoortige producten voor verschillende projecten onder hun hoede hebben) en de verticale projectleider (die alle verschillende onderdelen beheert van een enkel project) neemt vaak grote vormen aan. Het gevecht tussen vertikaal en horizontaal put mensen uit en demotiveert. Maar het is een gegeven dat niet alleen op ontwerp bureaus voorkomt, maar in wezen in alle projectgerichte organisaties. Het komt voor dat sterk op projecten gerichte organisaties hun organisatie laten kantelen en in feite de projectleiders een groter mandaat geven dan de afdelingshoofden. Dan is een bedrijf gespitst op het optimaal doorstromen van projecten. Grote gevelbouwers zoals Scheldebouw in Middelburg zouden op deze wijze succesvol aan doorstroming van projecten kunnen werken. Die gekantelde formule werkt goed bij een bedrijf dat louter grote projecten in de portfolio heeft. Het werkt niet als er ook veel kleine projecten moeten doorstromen.

02.03 LEAN DESIGN & PRODUCTION: DE MATRIXORGANISATIE

De vraag is hoe er een beter werkzaam evenwicht kan worden gevonden. Een mogelijke oplossing is wellicht de matrix organisatie, afkomstig van de ontwikkelingsprojecten voor nieuwe auto's van Japanse autofabrikanten. Het boek 'The Machine that Changed the World, the story of lean production' door James Womack et al ^[Ref. 22] gaat over de verschillen tussen de traditionele horizontale procesvoering (zoals die-in de massaproductie van de Amerikaanse en Europese autofabrikanten wordt gehanteerd) en de verticale procesvoering onder leiding van een projectleider met een hoge autonomie, een ontwikkelingsdirecteur, zoals in de Japanse autofabrieken. Het resultaat is zoals deze Amerikanen in hun MIT-studie stellen is 'lean production'.

De principes hiervan zijn:

- Teamwork;
- Communication;
- Efficient use of resources and elimination of waste;
- Continuous improvement.

Daardoor zullen er als resultaat nog maar nodig zijn:

- half the human effort in the factory;
- half the manufacturing space;
- half the investment tools;
- half the engineering hours;
- half the time to develop new products.

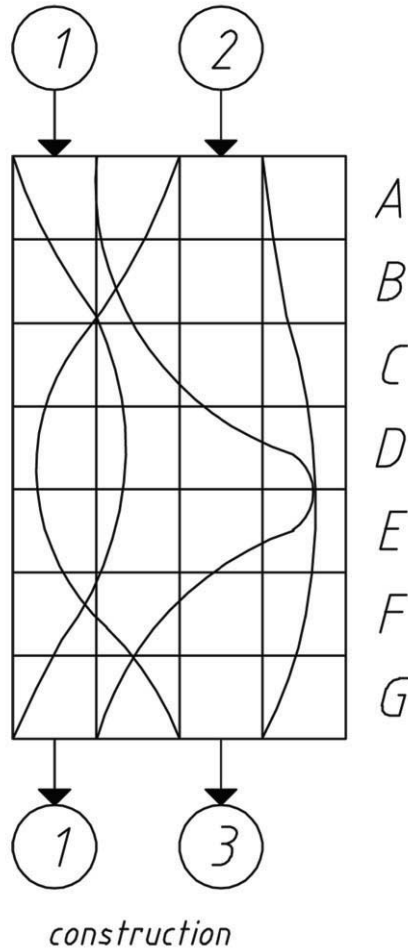


FIG. 55 Het beeld van sterke projectleiders in een gelaagde organisatie: een schema van een bedrijf met een aantal afdelingen A tot en met G in hiërarchische en logische opbouw waardoorheen projecten worden gestuurd die op sommige afdelingen veel en op andere minder beslag leggen

Een volledige doorvoering van het 'lean design & production' principe zou revolutionaire consequenties hebben voor het rollenspel in de bouw. Maar er moet ook een goede coherente oplossing gevonden kunnen worden en geïmplementeerd, die ondanks de fragmentatie van het bouwproces toch tot de realisatie van een inspirerend ontwerp kan leiden.

Een duidelijk nadeel van de matrix-organisatie is echter dat het resultaat niet onbetwist in kwalitatieve zin beter behoeft te zijn. De MIT wetenschappers noemen als resultaat van de matrix-operatie niet 'double the quality'. Er zijn niet veel architecten die in Japanse auto's rondrijden. De kracht van de conceptuele kern van het ontwerpproces kan door de sterk tijdgerichte procesaanpak in een onderbelichte hoek komen te verkeren. Deze nucleus van het ontwerpproces moet met een rode stip in het matrixschema worden aangeduid. De originaliteit van het ontwerp moet sterk overeind worden gehouden en niet verwateren in de golven van een consensusproces.

Een aangewezen wijze om de voordelen te exploiteren en de nadelen te neutraliseren van die twee typen ontwerpprocesen zijn: het verticale en horizontale ontwerpproces, om ze over elkaar heen te leggen en trachten op deze manier te komen tot een matrixorganisatie, waarbij het proces geleid kan worden door een krachtige leider en waarbij het ontwerpproces binnen het totale ontwikkelingsproces soms breed (horizontaal gericht) is en soms smal (vertikaal). Om succesvol te zijn is er een sterke projectleider nodig (wellicht de architect, anders een loyale bouwmanager) en om een kwalitatief goed resultaat te boeken, moet er een sterk ontwerp gemaakt worden dat ook tot het einde toe gerespecteerd en verdedigd moet worden. Maar het geheim van 'lean design & production' is dat de negatieve tegenwerkingen moeten kunnen worden omgezet in positieve samenwerking, met behoud van de eigenheid van de horizontale structuren en de verticale procesbeweging.

02.04

COLLABORATIVE DESIGN EN CONCURRENT ENGINEERING

Een van de manieren om tot efficiency te verhogen bij de organisatie van hedendaagse en toekomstige productontwikkeling is 'Concurrent Engineering'. Het is leerzaam dat begrip en de variaties daarvan nader te beschouwen. CE is gestart in de Amerikaanse defensieindustrie, overgedragen door productontwikkende internationals en verwelkomd door engineeringafdelingen van Nederlandse civiele bouw. Het is gebaseerd op het principe van gelijktijdigheid van uitvoering van activiteiten door verschillende deelnemers aan een voorbereidingsproces.

Het CE-principe is niet van toepassing op het productie- en bouwproces: daar is het al ingeburgerd. Het is een aantrekkelijk principe dat in Amerika in de grote conglomeraten tot interessante efficiencyverhogingen heeft geleid. Maar er zijn ook nadelen en daarom moet men gewaarschuwd worden voor het gebruik van het CE-principe.

In de architectuur is ook vaak sprake van het gelijktijdig ontwerpen en ontwikkelen van een gebouwwontwerp door meerdere partijen. Uit de vergelijking tussen de civiele bouw en de architectuur blijkt in het algemeen dat de architectonische opgaven complexer zijn en meer geïntegreerd. Onderdelen zijn niet meer parallel naast elkaar uit te werken en af en toe met elkaar te combineren. Veel ontwerpbeslissingen in het hoofdontwerp hebben grote invloed op het ontwerpen van de onderdelen.

Bij het ontwerpen en ontwikkelen van de glazen overdekking van het atrium van het Gemeentemuseum in Den Haag onder leiding van Job Roos, zit de opdrachtgever met zijn technische dienstman, de constructeur, een installatieadviseur een akoestisch adviseur en een ontwerpende glasspecialist aan tafel. Het is opvallend dat de ontwerpers voortdurend ontwerpen en de adviseurs afwachten totdat de ontwerpers weer wat geproduceerd hebben en daarna aan de slag gaan. Zij bewegen niet in het ritme van het bouwteam. De ontwerpers doen tweemaal zoveel werk als nodig is. Waar ligt het evenwicht?

Daarom wacht men liever tot de architect zijn hoofdontwerp klaar heeft. Door het specialisme in veel deelontwerpen, weet de architect niet tot een optimaal resultaat te komen. Een bepaalde mate van overlapping en wederzijdse beïnvloeding is hier dus aan de orde om het ontwerp niet eindeloos te laten duren en de tijd efficiënter te gebruiken. Het onafhankelijk en parallel uitwerken van aspecten van het architectonische ontwerp brengt grotere risico's met zich mee met veel terugkoppelingen en hernieuwde stappen. Hetgeen irritatie wekt en dus niet efficiënt zal verlopen. In de civiele sector werkt het kennelijk efficiënt. Maar in de meer complexe architectuur en haar productontwikkeling kunnen we beter 'collaborative design' organiseren. 'Collaborative' in plaats van 'Concurrent' om aan te tonen dat er naast de gelijktijdigheid ook voortdurend door partijen naar elkaar gekeken en gecommuniceerd moet worden en dat er frequente afstemmingen moeten zijn.

We importeren de beide begrippen 'concurrent engineering' en 'collaborative engineering' naar de productontwikkeling en laten de architectuur en de civiele techniek even voor wat het is.

Collaborative Design in de productontwikkeling is het gelijktijdig uitvoeren van verschillende fasen en activiteiten en wel in regelmatig en intensief contact door verschillende deelnemers van het complexe voorbereidingsproces. Concurrent Engineering in de productontwikkeling is het gelijktijdig uitvoeren van verschillende fasen en activiteiten en afstandelijkheid door verschillende deelnemers tijdens het technische voorbereidingsproces.

De verhoging van efficiency (met minimale energie een maximaal resultaat bereiken) van CD / CE als primaire doelstelling kan nader worden gedetailleerd als:

- Doorlooptijdverkorting van het voorbereidingsproces;
- Drastische kostenverlaging van proces en product;
- Gevraagde kwaliteit bereiken.

De gebruikelijke planning van het bouwproces is een balkenschema van gedeeltelijk overlappende en gedeeltelijk tegelijk dan wel opeenvolgende activiteiten. Off-site producties verlopen gewoonlijk geheel parallel. De uitvoeringsfase is gebaseerd op de aanwezigheid van een vaststaand ontwerp dat met een bepaalde exactheid omschreven is. In de voorbereidingsfase, dus nog voordat het ontwerp gereed is, zijn de ontwerpbeslissingen nog niet genomen. Het is met name de volgorde van deze ontwerpbeslissingen die door CD / CE tegelijk wordt gedwongen. Daarbij ontstaat het risico dat er werk verricht wordt in of een activiteit of procesfase dat naderhand de resultaten van andere activiteiten frustreert. In die gevallen is ofwel het afwachten op kritische beslissingen geboden of een berekend risico nemen. CE is heel populair bij grote bedrijven die geheel in huis hun productontwikkelingen uitvoeren. Ook in Nederlandse bedrijven waar de voorbereidingsprocessen van productontwikkeling geheel in huis plaats vinden en de berekende risico's financieel binnen één jaarrekening plaatsvinden, en er direct resultaat op korte termijn te zien moet zijn, is 'Concurrent Engineering' een goede mogelijkheid om efficiënter te werken. Bij snelle projecten zou met 'Collaborative Engineering' kunnen overwegen.

Collaborative Engineering wordt nog niet veel met succes gebruikt in de voorbereidingsfase van de bouwpraktijk. Daar zijn verschillende partijen met verschillende opdrachten bij betrokken. Elk met een vastgesteld budget om binnen hun budget efficiënt te opereren. Ze wachten in het algemeen liever op de procesleider dan dat ze dubbel werk doen waarvoor ze niet betaald krijgen. Toch zijn de uitgangspunten veelbelovend genoeg om het begrip nog eens goed te beschouwen. Simultane engineering houdt in dat er delen van de totaal benodigde engineering door meerdere personen uitgevoerd wordt en op verschillende locaties. Analoog aan het begrip 'co-maker' en 'co-producent' zouden we kunnen spreken over 'co-engineer' en 'co-engineering'. Als we in de architectuur denken over 'Collaborative Design' spreken we van 'co-designers' en moeten we uitkijken niet op de tenen van de architect als (primus inter pares) auteur te stappen. Het bouwproces is verdeeld in een voorbereidingsfase en een uitvoeringsfase. Design en Engineering duiden erop dat deze activiteiten deel uitmaken van de voorbereidingsfase en niet van de uitvoeringsfase, waar gelijktijdigheid van activiteiten heel gewoon is.

'Concurrent Production' is door het uitbesteden aan verschillende partijen en het gezamenlijk bouwen van het gebouw als artefact na de producties, heel gewoon op voorwaarde dat het te maken artefact voldoende definitief beschreven wordt in de voorbereidingsfase. Een aannemer kan ook de producties van alle onderdelen gewoonlijk gelijktijdig onderbrengen bij toeleveranciers of onderaannemers. In de engineering is dat nog niet zo, anders zou het begrip CE ook niet de moeite van het beschouwen waard zijn.

Het begrip 'Engineering' verdient meer aandacht. In de bouwpraktijk zijn er twee begrippen 'Engineering' in omloop. Het totale begrip en het deelbegrip. Het totale begrip komt voort uit een afstandelijke kijk van zaken, meer zakelijk en ingenieursgericht. Het gehele voorbereidingsproces wordt door civiele ingenieurs vaak 'Engineering' genoemd. Zie de benaming van veel faculteiten van de TU Delft. Met evenveel gemak kan hetzelfde totale proces ook 'Designing' of het 'ontwerpproces' genoemd worden. De herkomst van die zienswijze ligt bij de architect. Het beroep kleurt de benaming. Maar is verwarrend, daarom laten we deze totale begrippen even voor wat ze zijn.

Het tweede begrip deelbegrip is: Designing als het originele ontwerpproces vanaf de opdracht en tot lege papier. Engineering als het uitwerken van het ontwerp. Dus een duidelijk onderscheid tussen 'Designing' en 'Engineering'. De fase van engineering volgt altijd pas als die van designing gereed is. Of start althans later, als een aantal hoofdpunten duidelijk zijn geworden in hun beslissingen.

In het eerste begrip kan bestaan uit het volledige pakket:

- Ontwerpen;
- Ontwikkelen;
- Onderzoeken.

Engineering als Uitwerken [algemene werktekeningen, component -, productie-, assemblage- en montagetekeningen].

Engineering wordt dus door ingenieurs gebruikt voor het totale voorbereidingsproces. Maar in andere gevallen, voor de aanduiding van de uitwerking, namelijk de engineering van het ruimtelijk ontwerp, de materiële principes en details gekoppeld aan de voorafgaande ontwerp-, ontwikkel- en controlefasen.

In een minder complex en minder persoonlijk getint voorbereidingsproces zoals dat gebruikelijk is in de civiele techniek, wordt onder het begrip engineering het complete voorbereidingsproces, inclusief het ontwerpen verstaan. Dat verandert logischerwijze nu er in toenemende mate architecten worden betrokken bij het ontwerpen van civiele werken, bijvoorbeeld bruggen. Dan komt er weer een scheiding tussen design en engineering. Aan de andere kant wordt in het architectonisch proces van gebouwen het ontwerpdeel duidelijk onderscheiden als het meest gespecialiseerde deel van het werk van de architect als autonoom teampartner. Collaborative Design & Engineering in de productontwikkeling is de gezamenlijke procesvoering door de verschillende fasen heen en alle activiteiten omvattend van de verschillende participanten tijdens het gehele proces. De verbetering in efficiëntie [maximale resultaten bereiken met minimale energie] is het hoofddoel van de concurrent en collaborative engineering. Verder te detailleren in de volgende verwachtingen:

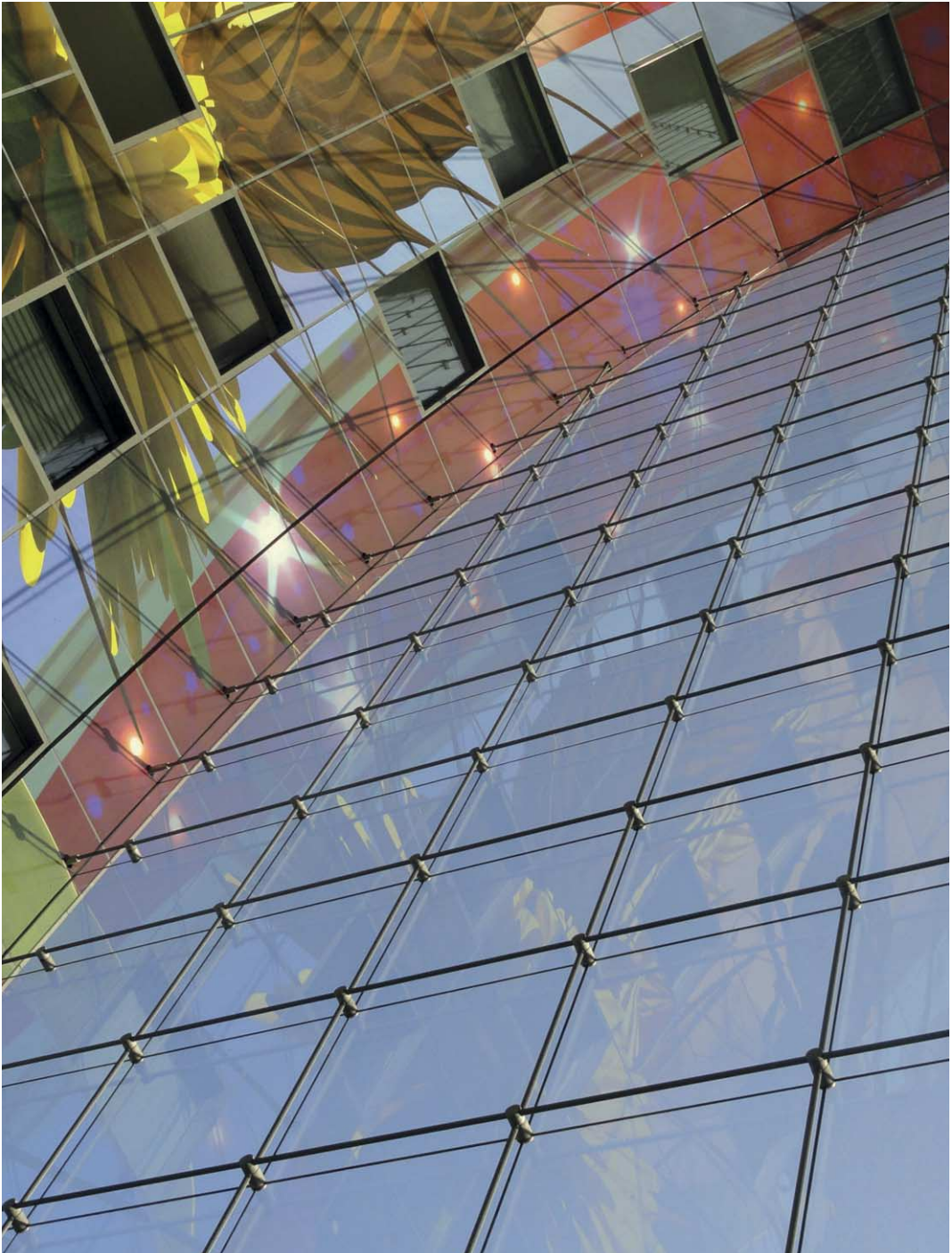
- Verkorting van de looptijd van het voorbereidingsproces;
- Drastische kostenverlaging van proces en product;
- Sneller bereiken van de gevraagde kwaliteit.

De tijd die overgelaten wordt aan de engineering fase is normaliter een restant van de normale doorlooptijd van het project minus de tijd die verloren gaat aan de behandeling van de bouwvergunning. De opdrachtgever zal graag de tijd die verloren is gegaan met het wachten op de behandeling van de bouwvergunning, willen inhalen.

In de gebruikelijke ad hoc bouworganisatie van een project waarbij vele onafhankelijke bedrijven op basis van een globale overeenkomst moeten samenwerken, zijn er geen evenwichtige en vastgestelde spelregels voor CE. Met name door de verschillen in hiërarchische autoriteit zullen er door de hogere lagen voortdurend eisen gesteld worden met financiële consequenties waaraan de lagere lagen aan moeten voldoen. Gewoonlijk wordt bij een samenwerking in de conceptfase eerst een vaste prijs afgesproken en daarna worden de eisen pas duidelijk. In de latere bestekfase is gewoonlijk alleen geregeld dat werktekeningen tot genoegen 'van de directie' moeten worden uitgevoerd. Dit geeft alle vetorechten aan de architect, terwijl de werktekeningen vervaardigende co-designer het risico loopt zijn werk steeds opnieuw te doen, voor een vastgestelde prijs. Het alternatief is wachten op volledige informatie voordat een nieuwe activiteit wordt gestart, wat de ontwerptijd verlengt. Een oplossing zou kunnen zijn om tot een evenwichtig en duidelijk vastgelegd 'Collaborative Design & Concurrent Engineering' afsprakenstelsel te komen, geldig zowel voor de voorbereidingsfase als voor de uitvoeringsfase, waaraan alle partijen in deze processen zich moeten houden.

Binnen een enkel bedrijf is CE makkelijker te bereiken. In feite betekent dit-gezien vanuit het grotere bedrijf met talloze te managen informatiestromen- het herstel van de efficiency die zich in het hoofd van een ontwerper kan afspelen. CE is eigenlijk een middel om een traag werkende en uitgebreide engineeringgroep vlotter te laten werken. Voor kleinere bedrijven zal CE niet een grote impact hebben omdat daar al snel op ontwerpbeslissingen wordt gewerkt, ervan uitgaande dat er op het gebied van het ontwerp expertise en beslissingsbevoegdheid op alle aspecten aanwezig is.

Concurrent Engineering voor PO of in goed Nederlands 'Gelijktijdige Productontwikkeling' is een belangrijk thema omdat daardoor de procesvoering anders (verkort door het parallelle karakter) gaat lopen dan in de Organogrammen zoals in de laatste hoofdstukken geschetst. Voor standaardproducten, waar de productontwerper een hechte relatie heeft met de producent en het voorbereidingsproces geheel plaats vindt onder verantwoordelijkheid van de producent, is gelijktijdigheid van fasen, bijvoorbeeld Conceptfase gelijktijdig met de die van de Voorlopige Marketing of de Prototypefase met de Definitieve Marketing, mogelijk. Ook van activiteiten zoals Constructief Onderzoek gelijktijdig met Detail- en materiaalonderzoek. Voor speciale componenten en alle producten tussen speciaal en standaard, waar de invloed van de vraagzijde (in casu de projectarchitect) belangrijk is, geldt dat er duidelijke afspraken van tevoren moeten worden gemaakt waaraan alle partijen zich ook moeten houden. De hoofdaannemer als aangestelde filter en zeef tussen projectarchitect en productontwerper kan hier nogal eens vertragend werken.



03 OVER HET NUT VAN METHODISCH ONTWERPEN

Voor bouwkundig ingenieurs gelden de volgende definities:

- Ontwerpen is een efficiënt proces van het nemen van beslissingen naar een originele, vernuftige, doelmatige, materiële en ruimtelijke oplossing voor een bouwkundig probleem vanaf initiatief tot aan uitvoering;
- Een methodologie is de leer van de methoden die gebruikt worden in een proces; bouwkundige ontwerpmethodologie betreft de leer van de methoden voor het bouwkundig ontwerpproces;
- Een methodiek is de verzameling van methoden die iemand hanteert; in dit geval de verzameling methoden die een bouwkundig ingenieur gebruikt of een aantal vakgenoten gebruiken tijdens het bouwkundig ontwerpproces;
- Een methode is een vaste en welomschreven werkwijze. Een bouwkundige ontwerpmethode wordt gebruikt tijdens het bouwkundig ontwerpen;
- Er zijn methoden die het gehele proces beslaan: ‘overall’- of totale methoden en deelmethode die alleen toepasbaar zijn op specifieke delen van het ontwerpproces.
- De meeste methoden zijn specifiek bedoeld voor een deel van het ontwerpproces.
- Een totale methode kan meerdere deelmethode bevatten.

Het woord ‘methode’ is afgeleid uit het Grieks en betekent ‘de weg tussen’, tussen het begin en het eind van een redenering, tussen het uitgangspunt en de doelstelling. In het spraakgebruik is men er onder gaan verstaan: ‘de’ weg, een absoluut gegeven. Dat is enigszins inherent aan het feit dat een methode een min of meer vaste en welomschreven werkwijze is. Een individuele methode moet dus ook goed omschreven zijn om niet het predicaat ‘willekeurig’ te krijgen. Er is altijd een persoonlijke interpretatie van een

ontwerpmethode mogelijk. Hiervoor geldt de restrictie dat deze moet voldoen aan de algemene eisen van de methodologie: dat de verschillende stappen expliciet geformuleerd moeten zijn en de gegeven methode derhalve openstaat voor communicatie, controle en verificatie door derden.

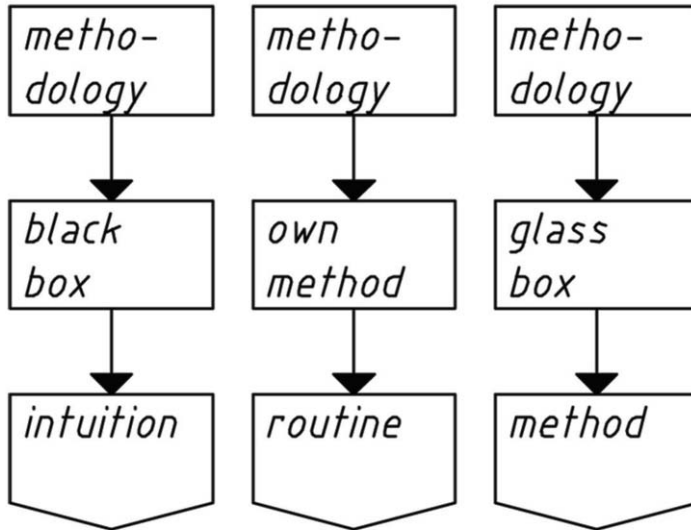


FIG. 56 Schema van intuïtieve, routineuze en een methodische aanpak van projecten

Hoewel geconstateerd kan worden dat methoden bij het beoefenen van onderzoekende wetenschap algemeen gebruikt worden, lopen de meningen over de zinnigheid van het gebruik van methoden nogal uiteen. In die zin was het verbluffend dat Taeke de Jong het in 2002 voor elkaar kreeg om een boek samen te stellen van meer dan 40 ontwerpers op de faculteit Bouwkunde TU Delft die allen hun visie gaven op de door hen gevoerde ontwerpmethoden [Ref. 3].

Op het vlak van methoden zijn er twee extremen te onderscheiden: de intuïtieve en de methodische aanpak. De routinematige aanpak ertussenin is onbewust methodisch en houdt het midden tussen beide extremen. In de praktijk komen vaak ontwerpprocessen voor met een aanpak die een afwisseling, een combinatie of een integratie van deze twee aanpakken te zien geeft. Want in het algemeen blijkt uit de praktijk dat een ontwerp aanpak waarbij sommige delen intuïtief, andere delen weer methodisch en andere delen routinematig worden doorlopen, tot goede ontwerpresultaten kan leiden. Maar in het algemeen geldt ook dat bij grote ontwerpprocessen waaraan veel personen deelnemen, de kracht van het argument geldt. Dus hoe groter, hoe methodischer. In processen met een of slechts enkele personen komt vaker de intuïtieve aanpak voor. Een succesvol ontwerpproces is een combinatie van een intuïtieve, een routinematige en een methodische ontwerpbenadering.

Voor de duidelijkheid zullen we eerst de twee extremen van intuïtie en methode separaat behandelen. We treffen enerzijds ontwerpers aan die ontwerpen zien als een zintuïtieve aangelegenheid met een zeer frequente iteratie van bedenken, stellen en evalueren [dit is op zichzelf natuurlijk ook een methode]. Aan deze ontwerpers is het bespreken van ontwerp-methoden niet besteed. Zij zeggen dat het ontwerpen als proces niet zo interessant is als het plan of het ontwerp zelf maar het resultaat ervan. Want daarop wordt afgerekend. En als het ontwerp goed is, waarom zou je dan het ontwerpproces in voorbepaalde stukken onderscheiden en onder woorden gaan brengen?

De vraag is echter of met name studenten Bouwkunde als nog onervaren toekomstige professionals met een meer systematische ontwerpaanpak dan wel één of meerdere ontwerpmethoden niet een beter (ontwerp)plan kunnen leren maken of een plan van een hogere kwaliteit. Voor studenten is het goed denken en ontwerpen op een methodische wijze te leren en die vaardigheid langzamerhand in ontwerpprocessen in hun studie [blokken, modules en afstuderen] van bewust of cognitief naar onderbewust te laten evolueren. Voor professionals blijft het altijd mogelijk dat op een methodische wijze een beter ontwerp tot stand kan komen dan zonder methodiek, zeker in grootschalige processen met meerdere deelnemers.

Zo kunnen ze via de geleerde discipline en routine op een efficiënte wijze herhalende ontwerp-opdrachten aan na de studie. Een dergelijke routinematige aanpak lijkt intuïtief, maar berust in feite op onzichtbaar en ongezegd methodisch werken, waarbij die methodiek alleen smeermiddel is geworden, dat onderbewust het onzichtbare ontwerpproces goed laat verlopen. Deze routinematige ontwerpaanpak ligt tussen de intuïtieve en de methodische in. Maar hij kan, in tegenstelling tot de echte intuïtieve aanpak, steeds weer cognitief gemaakt worden als er een ontwerpproces doorlopen moet worden met nietroutinematige karakteristieken waarbij alleen methodisch werken efficiënt is.

Het is mogelijk dat een expliciete ontwerpmethode met daarin een groot aantal seriële en parallelle stappen met hun terugkoppelingen veel verstokte intuïtieve ontwerpers afschrikt. Zij voelen zich in hun geestelijke vrijheid beperkt en menen dat het hanteren van [teveel] systematiek of methodiek hun creativiteit belemmert. Voor kunstenaarontwerpers zoals Boris Sipak zou dat heel goed op kunnen gaan. Het gaat hen om een mogelijk verlies van artistieke en creatieve vrijheid. Die creatieve ontwerpkeren moet blijven ook in het methodisch ontwerpen. Daarentegen zou men kunnen stellen dat intuïtief ontwerpen of op gevoel ontwerpen juist oncontroleerbaar en onverklaarbaar is en grenst aan 'at random' of op goed geluk ontwerpen. Het is een ontwerpaanpak die voor ingenieurs bij kleinere ontwerppogaven heel goed tot een acceptabel en verrassend resultaat kan leiden, maar die geen mogelijkheden biedt bij ontwerppogaven met niet-routinematige karakteristieken, zoals opgaven met een grotere complexiteit. Daar moet men bovendien met veel meer spelers elkaar overtuigen van de kwaliteit van de ontwerpstappen.

Bij gebrek aan een effectief denkproces wordt bij velen de iteratie en het aantal cycli van 'trial and errors' groter. Het proces bestaat uit proberen, evalueren en nogmaals proberen, enzovoorts tot er een geluksgedachte komt of tot men als student moedeloos van het eindeloos proberen een andere studierichting gaat zoeken.

Bij intuïtief ontwerpen wordt gewoonlijk hoofdzakelijk ingezoomd op de beoordeling van het resultaat. Het belangrijkste aspect is dus het maken van een plan of ontwerp. Gewoonlijk zijn bij de beoordeling de beoordelingscriteria ook subjectief en intuïtief. Deze intuïtieve ontwerphouding van ontwerpers wordt zeker gestimuleerd door de gang van zaken bij het ontwerpwedstrijden waar de beoordeling vooral snel, globaal, intuïtief en subjectief geschiedt. En waar de beoordeling de optelsom is van de subjectieve mening van de juryleden. Voor een dergelijke beoordeling maakt de aanwezigheid van een dieper ontwerpproces weinig verschil uit. Anders is het echter bij de meting en beoordeling van de performance van het uiteindelijk gebouwde ontwerp. De onvolkomenheden en onjuistheden van het intuïtief tot stand gekomen ontwerp moeten in de ontwikkelingsfase tot de uitvoering worden geneutraliseerd: er moet heel bewust in de rest van de voorbereidingsfase aan het ontwerp worden gesleuteld en geoptimaliseerd. Soms worden daarbij redelijke resultaten behaald. Maar zelfs de meest ervaren ontwerpers kunnen een fout ontwerp [respectievelijk ontwerpaspect of deelontwerp] niet ombuigen tot een goed ontwerp.

03.02 METHODISCHE ONTWERPAANPAK

Systematisch en methodisch denken en werken kan dat voor een deel verbeteren. De zelfgerichtheid of eigenzinnigheid van de ontwerper moet wel ruimte maken voor een gerichte, vaste en welomschreven methodiek. Andersom moet in het ontwerpproces naast de methodiek ook ruimte gehouden worden voor de individuele creatieve invallen, die ontwerpresultaten vaak eigenzinnig en aantrekkelijk maken. Methodiek mag nooit de originaliteit verstikken. Methodisch werkende ontwerpers trachten in hun zoekproces van ontwerpen een systematiek en methodiek aan te brengen, die hen door eerdere ervaringen een grotere zekerheid geeft op succes. Niet zozeer de kern van het ontwerpen, de brainwave, waarin de losheid van het denken en de creativiteit een grote rol speelt, zal onder invloed van een ontwerpmethodiek verbeterd kunnen worden. Maar de inleiding tot en de groei naar dat creatieve moment worden wel methodisch begeleid. Want daarmee weet men zeker dat men met de juiste ontwerppoging bezig is. Hetzelfde geldt voor de daarop volgende totale uitwerking van materialisering, detaillering en evaluatie. Elk mens heeft in zijn denk- en handelwijze een zekere systematiek ingebouwd, gewoonlijk onbewust, maar soms noodgedwongen expliciet en extrovert. Dank zij het feit dat deze systematiek onbewust ons handelen mede in haar efficiëntie bepaalt, hebben we meer energie om aan opvallende en beslissende momenten in het handelen te besteden.

Voor studenten geldt bovendien dat het aanleren van ontwerpen als vaardigheid meer inzicht kan verschaffen als het op een systematische en bespreekbare wijze geschiedt. Voor nieuwelingen in het vak zal methodologie een sneller leerproces bewerkstelligen omdat het bespreekbaar is gemaakt. Die communicatieve functie heeft het methodisch ontwerpen en de schriftelijke weerslag ervan later ook. Het bevordert de identificatie van partijen om de ontwerper heen met het tussentijdse en definitieve procesresultaat en maakt een zinvolle en effectieve reactie mogelijk. Een beginnend ontwerper zal onzeker zijn of hij wel in staat is een ontwerp tot stand te brengen. Als een onervaren ontwerper middels methoden zich een ontwerpstrategie eigen heeft gemaakt en dat ook een groot aantal malen heeft geoefend, dan ontstaat langzamerhand een relaxedheid in zijn hoofd dat er altijd wel een oplossing komt als je maar methodisch te werk gaat. Maar op een aantal plaatsen in het methodisch ontwerpen moet er plaats zijn voor de vonk, het intuïtieve ontwerpidee. 'De briljante vondst' zoals oud-decaan Hans Beunderman op de Dag van Wetenschap 2013 zei.

03.03 WANNEER IS DE METHODISCHE AANPAK ONONTKOMBAAR?

De beschreven visie op ontwerpen en ontwikkelen komt voort uit mijn ervaringen met het ontwerpen van bouwcomponenten en met het ontwerpen van gebouwen. Kleine, herhalende of overzichtelijke ontwerpen worden vaak gevoed door onbewuste kennis en kunde in een opgedane routine van voorgaande ontwerpprocessen, die al of niet gerealiseerd zijn. Het routinematig ontwerpen is als onderwerp minder interessant in vergelijking met het ontwerpproces waarin de verschillende stappen en activiteiten bewust en methodisch gezet worden. Het gebeurt hoofdzakelijk op eenzelfde manier, alleen vele malen sneller en onbeschreven. Maar niet ontkend wordt dat routinematig ontwerpen ook zijn oorsprong heeft in het methodische en extrovert gemaakte ontwerpproces, dat door herhaling en routine op een veel grotere snelheid kan worden doorgevoerd. Routinematig ontwerpen wordt voor de bouwkundig ingenieur echter een probleem als de kwaliteiten 'vernünftig' en 'origineel' van het ontwerp verdwijnen. De vorm van het ontwerpproces staat echter los van de vernuftige en originele inhoud.

Voor ontwerpogaven met nieuwe uitdagingen die buiten de routine vallen, is het gebruik van ontwerpmethoden heel zinvol. Met name als een of meerdere van de volgende niet-routinematige karakteristieken in de opgave gelden, is het uiterst zinvol om een methode te gebruiken die controleerbaar is en communicatie over het ontwerpproces en het ontwerp mogelijk maakt. Dat geldt voor:

- Nieuwe ontwerpogaven;
- Uitgebreide ontwerpogaven;
- Complexe ontwerpogaven;

- Experimentele ontwerpogaven;
- Ultrasnelle ontwerpogaven.

Bij nieuwe ontwerpogaven kan het nieuwe zich wel in een van de navolgende vier eigenschappen bevinden, maar bedoeld wordt een ontwerpogave op een geheel nieuw terrein voor de ontwerper. Dat kan zijn buiten zijn ervaring, zoals voor een bouwkundig ontwerper bijvoorbeeld een scheepsinterieur. Het kan ook zijn vóór zijn ervaring zoals voor een student, die nog onervaren op het gebied van ontwerpen is. Studenten moeten methodisch ontwerpen leren voordat ze het een plaats geven in hun eigen ontwerpaanpak: intuïtief, routinematig, methodisch en wel apart, afgewisseld, gecombineerd of geïntegreerd, waarbij intuïtie en methode elkaar opjagen om tot betere resultaten te komen.

Bij uitgebreide ontwerpogaven is het vaak zinvol het totale proces systematisch op te splitsen in verschillende delen en deze delen dan gelijktijdig te laten ontwikkelen: 'concurrent design & engineering', waarbij de noodzakelijke methodische aanpak, resulterend in tekeningen en verslagen, de onderlinge communicatie over de verschillende tussenresultaten mogelijk maakt. De deelontwerpen worden daarna samengevoegd of geïntegreerd tot een totaalontwerp.

Bij complexe ontwerpogaven - met een hoge mate van ingewikkeldheid door onderlinge beïnvloeding van aspecten- worden deze opgaven vaak in kleinere delen of aspecten gesplitst. Die ieder op zich beter overzichtelijk en oplosbaar zijn, waarna een integratie wordt gemaakt van de deelontwerpen tot totaalontwerp. De integratie is complexer dan de samenvoeging. Deze werkvolgorde is op zichzelf ook al een methode. Het methodisch ontwerpen kan geheel in een allesomvattend schema plaats vinden, zoals in het Organogram [3], maar het kan zich ook heel simpel manifesteren als een ad hoc agglomeraat van kleinere deelmethoden. Dit laatste houdt dan in dat in bepaalde fasen van het ontwerpproces in abstractie een schema gemaakt wordt van allerlei te ondernemen activiteiten, waarbij vooral de opeenvolging en de beïnvloeding dan grafisch wordt weergegeven. Vaak zijn dit kleine krabbeltjes die ruimtelijk en visueel denkende ontwerpers onmiddellijk begrijpen. Als communicatiemiddel zijn visuele schema's heel doeltreffend in ons vak.

Bij experimentele ontwerpogaven is er een hoge graad aan technische onbekendheid. De ontwerper moet voorzichtig opereren om geen belangrijke aangelegenheid over te slaan en daarmee de kans te verkleinen dat het eindontwerp niet aan alle wezenlijke aspecten voldoet. Experimentele ontwerpogaven worden gekarakteriseerd door grote bijdragen uit onderzoek. In het experimentele ontwerpproces is de controleerbaarheid belangrijk in de communicatie en besluitvorming.

Bij ultrasnelle of fast-track ontwerpogaven moet in korte tijd het ontwerpproces worden doorlopen. Er zal geen tijd zijn om uitgebreide alternatieven te bestuderen. Er moet op gevoel of ervaring een oplossingsrichting worden gekozen. Een uitdaging is het dan toch een verrassende richting te kiezen en niet een bekende richting, die tot een verwacht

resultaat zal leiden. Het gehele ontwerpproces, dat in andere gevallen stap voor stap kan worden doorlopen moet nu in 'less time' worden doorkruist. Dan komt de vaardigheid naar boven om de juiste beslissingen te nemen uit de voorliggende keuzen [ervaring] en niet een verarmd ontwerpproces te doorlopen met minder ontwerpvarianten en dus een kleinere kans op een goed resultaat [creativiteit].

Vaak leidt dit type ontwerpproces ook tot collaborative design & concurrent engineering, waarbij gelijktijdig aan een groot aantal aspecten moet worden gewerkt, zonder dat er op tussenresultaten kan worden gewacht. Een parallelle opzet van een gewoonlijk serieel proces heeft daarmee vergeleken het gevaar in zich dat oorzaak en gevolg niet meer aansluiten: soms is er al een gevolg, terwijl de oorzaak nog moet worden ontwikkeld. Dan komen de ontwerpers met zichzelf in de knoop. Een hoge mate van alertheid en stuur-manskunst is dan vereist. De ontwerpmethode levert het basisskelet voor de interne com-municatie.

03.04

PERMANENTE KWALITEITSBORGING BIJ HET ONTWERPEN

Parallel aan de ervaringen van de auto-industrie is in de bouw ook langzamerhand het besef doorgedrongen dat alleen bij eindcontrole (lees: ontwerpbeoordeling) de gemaakte fouten te constateren en te verwijderen, niet zeer efficiënt is. Vooral als fouten wordt afgestraft door de consument, is het vermijden van fouten van groot belang. Een auto moet in principe een 'zerodeflect product' zijn, dat wordt bereikt door een voortdurende kwaliteitsbewaking in het gehele productieproces en niet meer alleen door het proefrijden na de productie. Als steun in de rug voor intuïtieve bouwkundig ontwerpers geldt dat de beoordelingscriteria voor de consument niet eenduidig zijn. Defecten in de bouw zijn daarentegen moeilijk meetbaar (met uitzondering van lekkages en tocht, die echter als uitvoeringsfouten worden gezien, niet vaak als ontwerpfouten). En er kan altijd nog in de gebruiksfase worden gesleuteld aan het ontwerp door technische toevoegingen die tot een betere gebouwperformance kunnen leiden. Een goed voorbeeld daarvan is de na oplevering aan te brengen zonwering/daglichtregeling in de blanke glasfaçades van het kantoorgebouw van het Nai te Rotterdam. Alle betrokken partijen wisten van het 'broeikas' probleem van deze gevels, in de praktijk is het ook eigenlijk onwerkbaar, maar zelfs voor dit zeer belangrijke architectonische monument werd er toch in de bouwfase geen budget voor vrij gemaakt. Het is een voorbeeld van de laagtechnologische karakteristiek van de bouwnijverheid, tegenover een meer industriële ambitie. Tegelijkertijd leidt het ontbreken van duidelijke beoordelingscriteria tot een bevestiging van een in de kern verkeerde handelswijze: bij gratie van onkundigheid, onmondigheid of onvergelijkbaarheid moet het ontwerpresultaat worden geaccepteerd zoals het wordt aangeboden.

Het leidt niet tot een hogere kwaliteit in de optiek van de consument. De autoindustrie heeft daarop een eerste antwoord geformuleerd in de 60-er jaren met het TQC (Total Quality Control), hetgeen erop duidt dat het proces voortdurend op kwaliteit wordt gecontroleerd, in tegenstelling tot de eenmalige en te late eindcontrole van de geassembleerde auto tijdens een proefrit. Deze procesbewakingskwaliteit is de basis van het begrip 'kwaliteitsborging' bij de materiële totstandkoming van gebouwen en bouwcomponenten via allereerst communicabele ontwerpprocessen, aan de hand van in kwaliteitshandboeken vastgelegde kwaliteitsniveaus, uiteindelijk mogelijk leidend tot certificering. Indien de minimale criteria vastgesteld zijn, is controle ook inderdaad mogelijk. Maar wat te doen als de kwaliteitscriteria niet (of niet al te) vast liggen? Om te vermijden dat de ontwerper zowel zichzelf als zijn opdrachtgever en de consument voor de gek houdt door grote onduidelijkheid gevat in het begrip 'black box design', moeten bij de aanvang van elk ontwerpproces de evaluatiecriteria van het ontwerpresultaat worden vastgesteld. Daarna moet voortdurend de kwaliteit van het ontwerp geschat of gemeten kan worden en ook ingegrepen kan worden bij onvoldoende tussentijds resultaat. Dit mechanisme van terugkoppelingen is ook een goed hulpmiddel bij het begeleiden van afstudeerders tijdens hun ontwerpprocessen. In de recessie van de jaren tien zou er wel eens een omslag kunnen komen in dit denken, aangezien producenten in de bouw niet langer de markt bepalen, maar steeds meer de consumenten, de eigenaars en de gebruikers. Die omslag zit eraan te komen en dan houdt de bovenstaande redenering geen stand.

03.05

LOGICA & INTUITIE

In feite is methodisch ontwerpen sterk gekoppeld aan logisch nadenken. Het gezonde verstand leidt het ontwerpproces. Uit ervaring leidt systematisch ontwerpen door het effect van herhaling van een wijze van denken tot een gewenst resultaat. Methodisch denken of ontwerpen voegt daar een volgorde aan toe, een stappenplan dat op een efficiënte wijze tot een doel leidt. Methodisch ontwerpen betekent nuchter en zakelijk redeneren, belangen op een rij zetten en afwegen, de ene stap na de andere zetten en niet er vóór, als dat niet logisch is. Om daarmee tot gedegen een oplossing te komen die beter is dan een intuïtieve, niet-verklaarbare oplossing. Beredeneerd presenteren van een ontwerp houdt in dat er een verklaring wordt gegeven bij het ontwerp als resultaat. Dit garandeert nog niet dat de redenering tot stand is gekomen tijdens een methodisch ontwerpproces. Soms is het een vergoelijkende bewijsvoering ('een redenatie') achteraf waarom het plan het enig acceptabele was, terwijl het gevolgde ontwerpproces nagenoeg intuïtief was.

Opdrachtgevers betalen architecten om een gebouw te laten ontwerpen. Een nieuw gebouw tekenen is niet zo moeilijk. Een origineel ontwerp maken kan ook intuïtief gebeuren. Dan wordt in het verklarend verhaal de opdrachtgever voornamelijk gestreeld met enkele 'eclatante eigenschappen' van het ontwerp, terwijl andere aspecten, die in het ontwerp hadden moeten worden overwogen, niet bewust of bewust niet aan bod waren gekomen om

het 'eclatante' ontwerp niet te ondermijnen. En daar wordt dan een verhaal over gemaakt in de hoop dat de opdrachtgever het accepteert. Het blijft dan in wezen een onevenwichtig ontwerp, dat slechts op enkele aspecten origineel is, maar als resultaat van een heel proces beslist niet vernuftig is en dus onvoldoende. Bij wedstrijden gaat het erom een winnend ontwerp te maken. Bij het presenteren van een wedstrijdontwerp is dan ook primair het proces minder belangrijk dan het resultaat. Bovendien wordt door de betrekkelijke willekeur van de jury de energie vooral op de presentatie van het ontwerp gericht en het overrompelen en overtuigen van de jury.

Die intuïtie waar het bouwkundig ontwerpen momenteel van doordrenkt lijkt te zijn, is absoluut noodzakelijk om een gedreven ontwerp te maken. Maar een succesvol ontwerp zal altijd bestaan uit een interferentie, een integratie van intuïtief, routinematig en methodisch ontwerpen. De hang naar intuïtie als leidraad bij het ontwerpen is ook begrijpelijk gezien de ervaringen van de huidige ontwerpgeneratie die zich steeds meer omringd ziet door supersystematisch werkende computers. Intuïtie is de enige eigenschap die computers niet hebben. Dus is het begrijpelijk dat ontwerpers daar op focussen.

Maar het is de interactie tussen hoofd en handen, tussen motivatie en droom, die tot een goed ontwerp leidt. Mijn studenten moeten dromen met hun hart, moeten denken met hun hoofd en moeten werken met hun handen om goede bouwcomponenten te ontwerpen. Methodische interactie van hart, hoofd en handen moet leiden tot een synergie in het ontwerp en een hogere kwaliteit.



FIG. 57 Het Nai in Rotterdam [arch. Jo Coenen]



FIG. 58 De kozijnloze glasgevels van de Nai lobby, met de gladde glasoppervlakken aan de buitenzijde en de mechanische verbindingssystemen zichtbaar achter het glas

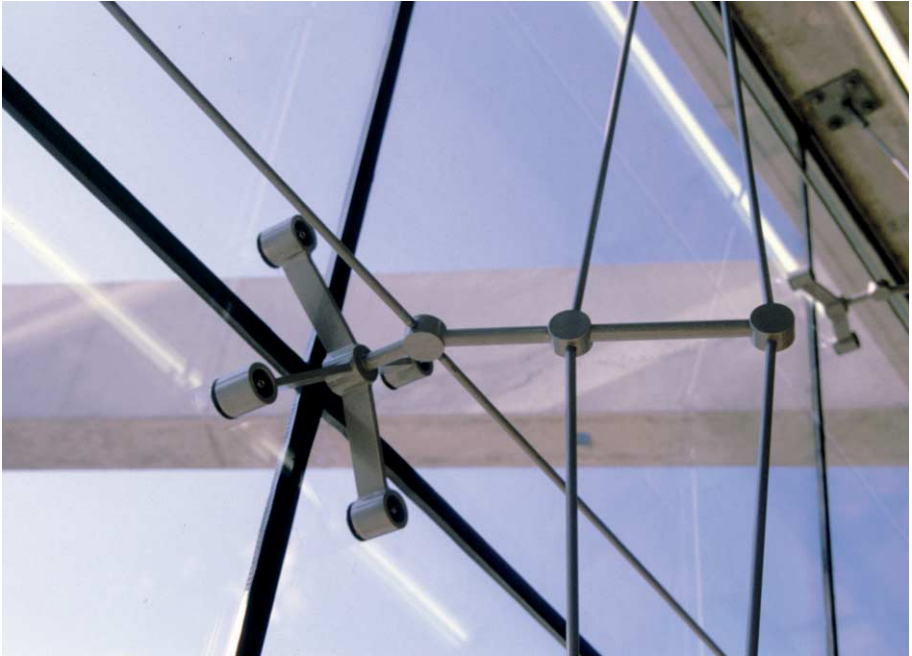


FIG. 59 Aan de binnenzijde van de Nai glasgevels zijn de verticale trekspanten zichtbaar die overigens onder 60 graden ten opzichte van de plattegrond staan. De glaszijde is mechanisch verbonden met rvs bouten. Deze halfmechanische / half chemische puntvormige glasverbinding was een nieuwe vinding en ontwikkeling in 1995.



04 ONTWERPEN, ONTWIKKELEN EN ONDERZOEKEN

In de integrale aanpak moeten de drie activiteiten 'Ontwerpen', 'Ontwikkelen' en 'Onderzoeken' als een onafscheidelijke, synergetische eenheid gezien worden om te komen tot een goed ontwerp met de kwalificatie die ook al in het eerste hoofdstuk is genoemd. Het bouwkundig ontwerpen is een efficiënt proces van het nemen van beslissingen via een doelmatig concept naar een originele, materiële en ruimtelijk uitgewerkte oplossing voor een bouwkundig probleem, vanaf initiatief tot de uitvoering. Het ontwerpen levert de primaire kracht in het integrale proces van Ontwerpen, Ontwikkelen & Onderzoeken, maar kan niet tot een goed evenwicht komen zonder ontwikkelen en onderzoeken.

04.01 ONTWERPEN

Er bestaan binnen het wetenschapsgebied van de bouwkunde twee wezenlijk verschillende opvattingen over de positie van het begrip ontwerpen binnen het gehele voorbereidingsproces:

- De conceptuele opvatting alleen het maken van het ontwerpconcept is ontwerpen, de rest is minder interessant voor conceptuele architecten zoals uitwerking en ontwerpontwikkeling. Deze opvatting is niet aantrekkelijk voor de productontwikkeling omdat het proces grote hiaten vertoont.

- De integrale opvatting
alles tussen initiatief en productie wordt beschouwd als ontwerpen vanaf het grootste tot het kleinste technische schaalniveau en vanaf de eerste schets tot en met de definitieve productie- en uitvoeringstekeningen. Dit is uiteraard in de productontwikkeling aan de orde.

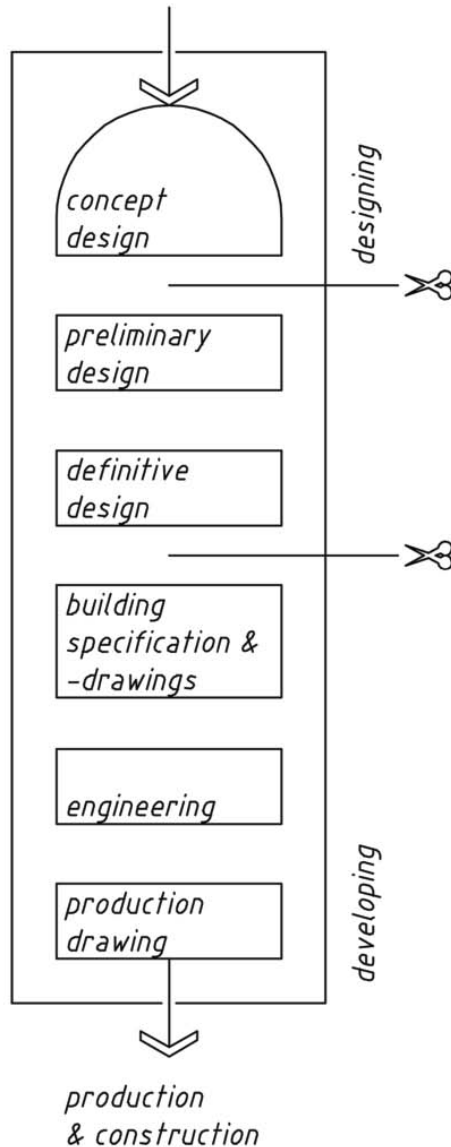


FIG. 60 Het bouwproces kan door architecten opgeknipt worden ofwel direct na het schetsontwerp, na het definitief ontwerp, na de bestektekeningen of pas na de werktekeningen

Vanuit de conceptuele opvatting luidt de omschrijving van ontwerpen: 'Bouwkundig ontwerpen is de bundeling van denken en visualisatie die behoort bij het efficiënt vinden van een originele en doeltreffende bouwkundige concertoplossing voor een probleem in de gebouwde omgeving'.

Ontwikkelen begint bij het ontwerpconcept en eindigt als de productie begint. 'Ontwikkelen is de bundeling van de denk- en maakactiviteiten die behoort bij het verder uitwerken van het ontwerpconcept tot de fase van de uiteindelijke materiële productie'. Dit is de omschrijving die een gangbare Nederlandse begripsomschrijving is die door veel architecten gevolgd wordt. We zouden kunnen spreken van 'Design & Development'. Onder deze ontwikkeling wordt het maken van het Voorlopig Ontwerp en het Definitief Ontwerp begrepen.

Onderzoek wordt gedaan om ontbrekende kennis aan te vullen. Onderzoek kan verspreid over het gehele proces worden uitgevoerd. Onderzoek wordt gevolgd door ontwikkelen om het resultaat van het onderzoek praktisch toepasbaar te maken. We spreken dan van Research & Development.

Is het probleem niet nieuw en zijn de materiële middelen dat evenmin, dan is het herhalingskarakter groot en hoeft er weinig creativiteit aan te pas te komen. Taeke de Jong zegt in zijn diesrede ^[Ref. 18] 'Men behoeft geen universitair opgeleid academicus om advies te vragen wanneer men een bekend probleem heeft waarvoor bekende oplossingen bestaan. Daartoe worden immers specialisten opgeleid die van het werken met deze bekende oplossingen hun beroep maken'. Deze verwijzing naar HBO opleidingen houdt overigens niet in dat academici (en in ons geval architecten) nooit dat werk doen, maar het is in wezen meer engineering dan ontwerpen. De consequentie van deze gedachtegang is dat ontwerpen een louter conceptuele bezigheid is. Voor een architect houdt het ontwerpen van de ruimtelijke opzet opt als het concept getekend of weergegeven is en als alle principebeslissingen zijn genomen, ook de details en alle materialen en afwerkingen. Er zijn in het ontwerpproces beslissingen te nemen op functioneel, ruimtelijk, bouwtechnisch, esthetisch en economisch vlak. Het kan goed zijn dat de architect enkele beslissingen van het ontwerpen aanhoudt of uitschuift tot in een latere fase van het voorbereidingsproces of zelfs tot in het uitvoeringsproces. De conceptuele opvatting scheidt in het voorbereidingsproces de conceptueel ontwerpers van technici die de ontwikkeling en uitwerking verzorgen.

Tegenover het conceptuele model staat de integrale of integraal technische opvatting van ontwerpen, waarbij alle activiteiten vanaf het idee tot aan de werkelijke productie onder de noemer ontwerpen worden geschaard. In die opvatting is ontwerpen een originele, intellectuele en creatieve arbeid, gestimuleerd en overdraagbaar gemaakt naar de ontwerper zelf (en anderen) door een weergave in de vorm van schetsen, tekenen, boetseren, modelleren, plakken, knippen, zagen, lassen, frezen enzovoorts (In geval van een model of prototype) in een iteratief proces. Ontwerpen is het vinden van een originele en effectieve gematerialiseerde uitgewerkte oplossing voor een nieuw probleem. Voor originaliteit is creativiteit en vernuft nodig, voor uitwerken is een goede beheersing van de techniek vereist. Ontwerpen betreft concepten, gevoed door kennis en inzicht van de betreffende beschikbare middelen en ordeningsprincipes. Ontwerpen verbindt vele facetten op een globale wijze.

Ontwerpen is een cyclisch en iteratief proces, van vallen en opstaan, van proberen en evalueren. Een deel van het ontwerpen is het uitwerken en optimaliseren van een idee tot een reëel hoger niveau. Ontwikkelen is een controle en de uitwerking van het ontwerpidee en vindt in vele stadia plaats binnen het totale ontwerpproces. Ook onderzoek is als een stimulerend aandeel in het proces toegevoegd. In het integrale model wordt onder de noemer ontwerpen zowel het concept als de materialisatie geheel verzorgd. In het integrale proces zijn ontwerpen, ontwikkelen en onderzoeken een onlosmakelijke synergetische eenheid onder de noemer 'ontwerpen'. Een van de belangrijkste kernbegrippen is 'origineel'. Over het 'originele' aspect schrijft Taeke de Jong ^[Ref. 18]: "De ontwerper heeft tot taak onwaarschijnlijke mogelijkheden te exploreren, met name als de meest waarschijnlijke ontwikkeling niet wenselijk is. Deze mogelijkheden laten zich door hun onwaarschijnlijkheid niet voorspellen, men moet ze ontwerpen". En even verder schrijft hij: "Het universitaire ontwerp dient wezenlijk nieuwe mogelijkheden aan het daglicht te brengen ['vinding' of 'vondst']".

De ontwerpcriteria worden meestal vaag gehouden en het ontwerpproces wordt door architecten gezien als moeilijk te omschrijven. Die houding komt voort uit culturele geboorneerdheid en mystificatiezucht. Het is beter om het ontwerpproces expliciet te maken vanuit de overmaat van intuïtie die het nu omgeeft. Overigens tracht Jan Buys ^[Ref. 1] vanuit de faculteit Industrieel Ontwerpen precies het tegenovergestelde te bereiken: in zijn koele wetenschappelijk onderbouwde ontwerpproces vindt hij dat ook intuïtie, emotie, passie en creativiteit nodig zijn. We hopen elkaar ergens in het midden tegen te komen. Ontwikkelen is een traject met een sterk technisch karakter, waarbij voor een goed resultaat door de in de ontwikkelingsfase optredende problemen een grote mate van creativiteit en gedachtesprongen vereist is. Echt creatief ontwerpen doet een architect wellicht maar 10% van zijn tijd, de rest is uitwerken, ontwikkelen en overleggen over problemen, voorstellen en oplossingen. De architect zijn status ten opzichte van andere partijen in het bouwproces aan het feit dat hij creatief en origineel is en in staat om op het witte vel nieuwe concepten neer te leggen.

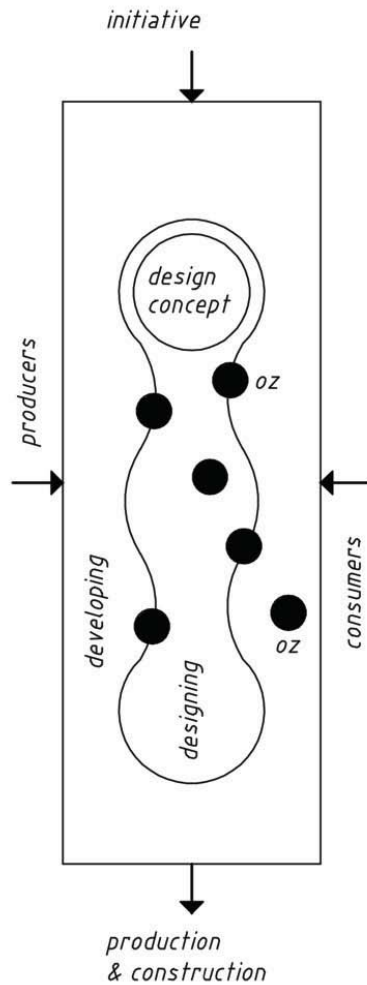


FIG. 61 Het bouwproces met daarin de ontwerpkeren, het ontwerpen en ontwikkelen en plaatselijk het onderzoeken

04.04 ONTWIKKELEN

Ontwerpen kan gezien worden ofwel als het conceptuele deelproces ofwel als het integrale totaalproces. Met betrekking tot het ontwikkelen zijn ook deze twee betekenissen gangbaar in het taalgebruik. Om ze helder te onderscheiden zouden we kunnen spreken van een partiële of 'deel'betekenis en de 'totaal' of 'mantel' betekenis:

- Deelbetekenis: Ontwikkelen is een deelproces, waarin een concept verder uitgewerkt wordt tot een stadium van volwassenheid; ontwikkelen volgt op ontwerpen en eindigt bij het vervaardigen.
- Totale of ‘mantel’-betekenis: Ontwikkelen is het ommantelende bedrijfsmatige proces waarbinnen het object ontworpen wordt.

Voor de leerstoel ‘Productontwikkeling’ is het goed deze betekenissen te onderscheiden en zich daarmee in het bouwkundig vakgebied te plaatsen. Onnodig is te vermelden dat onder productontwikkeling de gehele ommantelende betekenis wordt aangehouden, waarbinnen uiteraard prioriteiten worden gesteld.

ONTWIKKELEN ALS UITWERKING

Allereerst de partiële of deelbetekenis. Het begrip ‘ontwikkelen’ heeft een heel duidelijke betekenis in het Nederlands. Ontwikkelen staat voor iets tot volwassenheid brengen. Van Dale spreekt van ‘tot volle wasdom doen komen, doen uitgroeien’. Als er ergens een bestaande toestand is, kan er vanaf die positie tot aan de volgende positie verder ontwikkeld worden. Een nieuw ontwerpconcept kan dan verder ontwikkeld worden tot een definitieve verschijningsvorm en die definitieve vorm weer tot een aanbestedingsvorm en later tot een productievorm. In de betekenis van Van Dale zou dat traject tussen concept en productie dus ‘ontwikkeling’ heten, respectievelijk naar de drie stappen: drie deelontwikkelingen na elkaar. De vroegere vorm is dan steeds het uitgangspunt voor de ontwikkeling naar de volgende vorm.

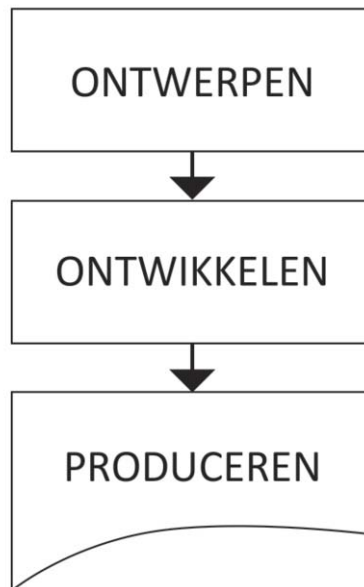


FIG. 62 Ontwikkelen als deelbetekenis tussen ontwerpen en produceren in

ONTWIKKELEN ALS MANTELACTIVITEIT

De betekenis van 'ontwikkelen' is afkomstig uit het wetenschapsgebied van het Industrieel Ontwerpen. Daar wordt het totale ondernemingsproces, dat het ontwerpproces als een mantel omgeeft, gezien als productontwikkeling, terwijl het werkelijk productgerichte deel 'productontwerpen' heet. Dit onderscheid in de twee betekenissen van ontwikkelen is belangrijk omdat in diverse vakgebieden de verhouding tussen ontwerpen en ontwikkelen geheel anders ligt.

In sommige vakgebieden wordt gewerkt aan simpele concepten die een lange uitwerking nodig hebben, gesterkt door veel analyse en onderzoek, zoals bijvoorbeeld het ontwerpen van een brug. Het ontwerpconcept daarvan is betrekkelijk simpel, maar vanwege de belangen van optimalisatie in het constructieve concept en materiaalgebruik is de aandacht geheel in de materialisatiefase naar ontwikkeling in de vorm van berekeningen en onderzoek verschoven en nauwelijks naar het ontwerpconcept. Bij de inzet aan manuren zal ook kwantitatief blijken dat het 'ontwerpen' van een brug een zeer beperkte activiteit is, nog afgezien van de kwaliteit van het gerealiseerde ontwerp. Soms kan die activiteit verruimd worden, zoals bij de Erasmusbrug in Rotterdam. Aan de bruggen die Santiago Calatrava in de laatste decennium heeft ontworpen en laten realiseren in Europa, kan afgeleid worden dat er een veel langer ontwerptraject zowel ten aanzien van constructief schema, vormgeving, materiaalgebruik en detaillering ten grondslag heeft gelegen dan gebruikelijk.

In de bouw is in het algemeen het aantal ontwerpaspecten hoger dan bijvoorbeeld in de civiele techniek. Het aantal eisen met tegenstrijdige belangen is groter. Het beslissingsproces om van initiatief naar concept te gaan is voor de bouwkundig ontwerper complexer en het ontwerptraject langer. Dientengevolge zal een bouwkundig ontwerper een langer ontwerptraject ervaren en een korter ontwikkeltraject. Zeker in vergelijking met een vliegtuigontwerper, waar het ontwerpen bestaat uit parametrische variaties en het ontwikkeltraject uiterst lang is vanwege de vereiste hoge graad van gebruiksveiligheid.

Op Bouwkunde is de totaalopvatting over 'ontwikkelen' eveneens gangbaar, dat aanleiding tot verwarring geeft. Een bouwproject wordt ontwikkeld door een projectontwikkelaar. Dat is een totale ondernemingsactiviteit beginnend op planologisch / stedenbouwkundigniveau, eindigend met de ingebruikname en het verkopen of verhuren van de gebouwen.

In sommige gevallen gaat de bemoeienis van de ontwikkelaar nog verder, namelijk tot en met het gebruik van het gebouw, zoals bijvoorbeeld bij de achter ons liggende generatie Nederlandse gevangenis, waarbij de projectontwikkelaar niet alleen het gebouw liet realiseren, maar ook het functioneel management had overgenomen en afrekende op basis van etmaalkosten per gevangene. Inmiddels heeft de overheid kunnen laten berekenen dat die projectontwikkeling toch kostbaarder was dan gehoopt en verwacht. Het uit handen geven van ontwikkeling en het management en de daaraan verbonden risico's brengen nu eenmaal kosten met zich mee.

In de toekomst zal de zorg zich wellicht ook uitstrekken over het anticiperen op demontage, sloop en hergebruik. Die totaalontwikkeling is in gang gezet om alle risico's bij de overheid af te schuiven naar het bedrijfsleven. Aanvankelijk in de verwachting dat ook de prijzen lager zouden worden, maar dat viel behoorlijk tegen. Alle activiteiten kennen hun prijs.

Op het gebied van bouwcomponenten is een dergelijke tendens ook voelbaar. De gevelbouwer wordt steeds vaker gevraagd ook verantwoordelijk te blijven voor het onderhoud van de gevel. In de toekomst zal upgrading en mogelijk demontage inclusief milieuvriendelijke recycling ook tot zijn taken gaan behoren. Het gebeurt in de consumentenindustrie al langer. Overigens moet in zulke gevallen de term 'productontwikkeling' worden vervangen door 'productontwikkeling, -onderhoud en -hergebruik'.

In dat totale proces van projectontwikkeling is het ontwerpen van de materiële gebouwde omgeving op de verschillende niveaus slechts een deel: het objectgerichte deel. Het marktgerichte deel en het producentgerichte zijn daar geen onderdeel van. Studenten dit wel bestuderen om doelmatig te kunnen ontwerpen.

De totale ontwikkelingsprocessen van het idee tot aan de realisatie op elk van de drie voornoemde niveaus (macro, meso en micro) van Stedenbouwkunde, Architectuur en Bouwtechnologie zou men respectievelijk kunnen noemen:

- Locatieontwikkeling;
- Projectontwikkeling;
- Productontwikkeling.

Een zinvol onderscheid van de begripsbepaling bij Industrieel Ontwerpen zou zijn: het proces van de totale projectonderneming te betitelen als projectontwikkeling, terwijl alle technische activiteiten gelieerd aan het voorbereiden van de te bouwen ruimtelijke omgeving, gezien zouden kunnen worden als 'objectontwerpen' of gebouwontwerpen. De fase van het initiatief valt buiten het ontwerpen, zowel bij projecten als bij producten, zowel binnen als buiten de bouw. Een verstandig architect probeert al in de initiatieffase al aan te haken.

04.05 INTEGRAAL ONTWERPEN & ONTWIKKELEN

Nu werd er in het traditionele architectenbureau op een heel andere wijze gewerkt. De rangorde in het architectenbureau was zodanig dat bepaalde activiteiten niet met het predicaat 'ontwerpen' benoemd mochten worden: dat waren uitwerkingen van de ontwerpkrabbels van de architect. Een bouwkundig tekenaar werkte het ontwerp van de architect uit, maar kon in de ogen van de architect zelf geen ontwerper genoemd worden. Hij werkte het ontwerp uit tot het uitvoeringsgereed was. Hij zorgde ervoor dat het ontwerp

verder werd uitgewerkt en de instructies in dat ontwerp tot een hoger niveau tilden. Nauwkeurig en op de onderdelen gespist. Eenvoudigheidshalve ga ik ervan uit dat in het traditionele architectenbureau voornamelijk met bekende en gebruikelijke bouwmaterialen en technieken werd gewerkt.

Sinds in Nederland het Bouwbesluit 1992 de mogelijkheid voor de inschrijvende partij (lees: de aannemer en zijn onderaannemers / producenten) wijd open heeft gezet om delen van het gebouwontwerp naar eigen ervaring in te vullen, en dus de uitschrijvende partij (lees: de architect) een specifiek deel van de materialisatie van het ontwerp heeft ontnomen, is ook het fenomeen in beeld gekomen dat de inschrijvende partijen zich zijn gaan bezig houden met het terrein waarop de architect vroeger de alleenheerschappij had: het ontwerpen. Een deel van het ontwerpen wordt dus verricht door de ontwerpers aan de zijde van de aannemers, met onder hen de productontwerpers. Een duidelijke reden om het totale ontwerpproces als integraal te zien en ook de activiteiten van productontwerpers daartoe te rekenen.

De grote ommezwaai kwam met de komst van nieuwe industriële technieken en materialen, waardoor het proces van ontwerpen een veel langer beslag legde op het voorbereidingstraject. Ontwerpen met industriële en geprefabriceerde bouwcomponenten is in het algemeen gesproken ingewikkelder dan het ontwerpen in traditionele materialen. Er is namelijk kennis van productietechnieken en industrieën nodig. Steeds meer worden bouwkundig tekenaars vervangen door jonge bouwkundig ingenieurs die opgeleid zijn om te ontwerpen en dat zelfs tot in de werktekeningenfase nog blijven doen. Het moderne architectenbureau heeft een architect op elk project die van begin tot het eind van het voorbereidingsproces (en vaak ook tijdens de begeleiding van de uitvoering) het project als ontwerper leidt.

In tegenstelling hiermee stond dus het traditionele architectenbureau waarbij een horizontale arbeidsdeling was gemaakt, gebaseerd op specialisme en capaciteit. Er was één persoon die het ontwerpconcept maakte, een volgende berekende het, een derde werkte het uit in grote overzichtstekeningen en een vierde maakte de werktekeningen. In essentie troffen we daarmee dezelfde organisatie aan in de massaproductie van bijvoorbeeld auto's. Daar zijn de individuele achtereenvolgende personen vervangen door grotere afdelingen die alle een ander doel en andere competenties hebben. Het grote nadeel van de horizontale structuur van dit traditionele proces is dat de scheidingen tussen de afdelingen barrières zijn die naast het verlies aan informatie ook een autonomie tentoonspreiden en daardoor eigenhandige wijzigingen kunnen doorvoeren.

In het huidige bouwproces waar allerlei industrieel vervaardigde bouwproducten en geprefabriceerde bouwcomponenten worden ingezet, weet de traditionele architect niet exact meer hoe de hedendaagse maakprocessen van die onderdelen verlopen en heeft hij meer moeite om een evenwichtig en optimaal detailontwerp te maken van de onderdelen van zijn gebouwen. De uitwerking van vele onderdelen van zijn gebouw moet hij dan ook vaak overlaten aan de design & engineeringafdelingen van de producenten, die de architectentekeningen en omschrijvingen in het bestek moeten

omzetten in de gekozen materialen, maakbare principedetails en werkplaats- of productietekeningen. De uitzondering wordt gevormd door de architect die voortdurend in eenzelfde materiaalgebruik werkt, zoals CPZ dat lang gedaan heeft [staal en glas]. Renzo Piano kiest vaak een ander pallet van materialen en gaat dan ook noodgedwongen op een zoektocht om voor die materialen een innovatief pallet aan producties en componentvormen te ontwikkelen.

Deze wijze van werken is door het 'prestatiebestek' nog verder versterkt: de architect omschrijft het ruimtelijke gebouw, en de verlangde prestatie op componentniveau, terwijl de inschrijvers (aannemers en producenten) binnen die gevraagde prestaties een materieel antwoord kunnen geven. Valt die uitwerking onder de noemer 'ontwerpen' (want er moeten talloze beslissingen worden genomen in vaak tegenstrijdige belangenvelden), of valt dat onder de noemer 'ontwikkelen' zodat het 'ontwerpen' aan de architect voorbehouden blijft? Of moeten we onderscheid maken in het ontwerpen op het niveau van het gebouw en op het niveau van de componenten?

De architect ontwerpt het gebouw en omschrijft de prestaties waaraan de samenstellende componenten moeten voldoen, terwijl de componentontwerper de individuele componenten ontwerpt. Het uitwerken door componentontwerpers namens de producenten van een definitief ontwerp of bestektekeningen van een architect behoort tot het domein van 'ontwerpen'. In de afstudeerrichting Bouwtechnologie op Bouwkunde TU Delft spreken we zelfs van 'productarchitecten' om hoge aspiraties en bekwaamheden aan te duiden. In Engeland zou het ontwerpen van componenten 'Component Design' genoemd worden, of dat nu wordt uitgevoerd op de hightech architectenbureaus of bij de producenten door hun productontwerpers, dan wel door de twee type ontwerpers samen.

De conclusie is het best als volgt te omschrijven: in de bouw wordt onder ontwerpen verstaan het efficiënt nemen van beslissingen aangaande de geometrie, de situering en de doelmatige materialisering van gebouwen naar een origineel en creatief resultaat. Dan valt het gehele voorbereidingsproces tussen initiatief en uitvoering onder de noemer 'ontwerpen'. En wel ongeacht of dat werk door de architect wordt gedaan, dan wel door componentontwerpers in zijn dienst of componentontwerpers in dienst van aannemers en producenten. Ontwerpen kent verschillende niveaus die achtereenvolgens moeten worden doorlopen, die elkaar interactief beïnvloeden en iteratief tot de totaliteit van een ontwerpgeheel leiden: stedenbouwkundig ontwerpen, functioneel ontwerpen, ruimtelijk ontwerpen, materialiserend ontwerpen. Daarna volgt op het niveau van de bouwdelen en de componenten het functioneel, technisch, materieel en productiebewust ontwerpen tot en met soms het ontwerpen op materiaalbewust (en milieubewust) niveau. Ook het uitwerken van het gebouwconcept door bouwkundig tekenaars of van de componentconcepten door werktuigbouwkundig tekenaars behoort zoals ondersteunende activiteit, als 'engineering', tot het ontwerpproces. Er is bij deze uitwerkingen van het concept slechts een gradueel onderscheid met de ontwerpactiviteiten van de bouwkundig ontwerper. Studenten moeten zowel begrip voor het ontwerpconcept als voor de uiteindelijke ontwerpmaterialisatie krijgen: beide, concept en techniek, onderbouwen het succes van het ontwerp.

Voor ontwerpen en ontwikkelen is kennis en ervaring of kunde nodig, alsmede inzicht en visie, als achtergrond waartegen het actuele probleem kan worden aangepakt. Die achtergrond is bestaand en ooit veroverd en vergaard door voorgangers van de ingenieur of door de ingenieur zelf (als ontwerper, ontwikkelaar of als onderzoeker) in voorgaande projecten en activiteiten. De kennis daarvoor is neergelegd in de huidige stand van de techniek. Onderzoeken is in principe het verwerven van ontbrekende kennis en inzicht in de hogere mogelijkheden van de techniek. Studeren behoort tot het verkrijgen van de nodige kennis, kunde en inzicht en wordt niet als onderzoek gezien tussen professionals. Voor de student persoonlijk is studeren en leren pas onderzoeken als hij iets leert of begrijpt wat anderen nog niet weten of zien.

De bouwkunde faculteiten zijn wetenschappelijk gezien meer gekleurd door de opgave van complexe toepassingen dan door het vergaren van fundamentele kennis. Er wordt ten opzichte van andere technische faculteiten weinig nieuwe fundamentele kennis gegenereerd, althans niet op technologisch gebied. Dientengevolge is het onderzoek, gericht op kennislacunes, dan ook in grote mate gericht op een groot aantal elkaar beïnvloedende complexe praktische aspecten.

Fundamenteel onderzoek zou ook mogelijk zijn maar doordat de praktisch gerichte ontwerptraditie sterker is dan de onderzoekstraditie en omdat het vakgebied sterk verwant is met de praktijk projectgewijs behandelde uitdagingen, vindt er weinig fundamenteel (in de zin van 'niet-doelgericht') onderzoek plaats. Dit verandert langzamerhand wel iets, waardoor de aansluiting met andere faculteiten verbetert. Het overgrote deel van het onderzoek op Bouwkunde is doelgericht en heet dan ook 'toegepast' te zijn.

In het recentelijk afgesloten onderzoeksproject 'Concept House Prototype' [Ref. 7] werd een prototype van een eengezinsappartement ontwikkeld en gerealiseerd, waarbij het ontwikkel- en onderzoekswerk gericht was op het verhogen van de stand van de techniek van de individuele componenten op het componentenniveau. Maar op het artefactniveau, het niveau van het totale prototype, was het ontwikkelwerk en onderzoek gericht op de coördinatie en integratie van de elementen en componenten tot een totaal functionerende machine, het artefact, het appartement. En die integratie van vernieuwde elementen en componenten bleek een kunst op zichzelf te zijn, zonder welke het artefact van het appartement niet zou functioneren zoals het was ontworpen. Onderzoek op de coördinatie en integratie van componenten is even noodzakelijk als het ontwikkelwerk voor componenten zelf. In beide gevallen is het onderzoek niet fundamenteel, maar toegepast. Vergeleken met de productontwikkeling van bedrijven, producenten, is het ontwikkel- en onderzoekswerk op de TU's altijd meer fundamenteel gericht, niet direct marktgericht.



FIG. 63 Ontwerp van het Concept House Delft Prototype te bouwen op het Concept House Village in Heijplaat, Rotterdam, op de 1e verdieping als symbool van een vierlagig appartementencomplex



FIG. 64 Het gebouwde resultaat van het energiepositieve Concept House prototype in Rotterdam

Op een faculteit waar, behalve in de vakgroepen Stedenbouwkunde en Volkshuisvesting, onderzoeksgewoonten met ups en downs nog moeten groeien en waar in de laatste jaren veel nieuwe leerstoelen met hun ambities zijn ingezet, moet allereerst met behulp van verzameld onderzoek een achterstand aan kennisdragers worden weggewerkt. De staf op de faculteit wordt voor het overgrote deel ingezet om de gigantische studentenstroom te onderwijzen. Veel onderzoeksuren worden dan ook benut voor het opstellen van readers en collegedictaten vanuit de diverse leerstoelen, respectievelijk vakgebieden om kennis en inzicht vanuit de praktijk te omschrijven en tot het vereiste niveau van universitair onderwijs te brengen. Het heeft alleen zin om verder specialistisch onderzoek te gaan doen als de fundering onder alle kennis in de breedte, bekend staand als 'de huidige stand der techniek', is gelegd of aanwezig is.

Onderzoek doet men niet zomaar. Allereerst moet de stand van de techniek op peil gebracht worden, dan in de loop van de tijd blijven en kan de stand van de techniek vervolgens door onderzoek vanuit de faculteit ook daadwerkelijk verhoogd worden. Dat geldt zeker voor leerstoelen die vakgebieden vertegenwoordigen die in de praktijk nergens als totaliteit (bijvoorbeeld door een branchevereniging) worden aangedreven. Door de laagdrempeligheid en de hoge mate van open concurrentie in de bouw wordt in de praktijk weinig energie besteed aan onderzoek. De recessie in de jaren 10 heeft daar ook niet bepaald een stimulans aan gegeven. Jacobs et al [Ref. 19] constateerde in 1992 dat 'de bouwsector geen innovatieve trekker maar technologisch een volgende sector is'. En even verder: 'Ondervindt het bouwbedrijf al weinig externe prikkels voor technologieontwikkeling, interne prikkels zijn er ook nauwelijks. Integendeel: er heerst binnen grote delen van de bedrijfstak een grote mate van state-of-the-art en technologisch conservatief denken. Nieuwe uitvindingen vinden maar langzaam ingang in de sector.'

De Nederlandse ontwerpers, uitvoerende bouwers, toeleveranciers en installateurs zijn echter in het algemeen in staat gebleken zich snel aan te passen aan de technische eisen van deze tijd door middel van imitatie en het overnemen van wat er buiten wordt

aangeboden'. Imitatie: daar gaan onze goede bedoelingen en hoop op voortvarendheid. Per jaar wordt in de bouw niet meer dan een beschamende 0,5 % aan onderzoek en ontwikkeling uitgegeven.

Dat wil zeggen, als men het projectgewijze ontwerp- en advieswerk van architecten, constructeurs en adviseurs niet tot R&D of onderzoek & ontwikkeling rekent. Maar men zou dat ook kunnen zien als 'objectgericht onderzoek', onderzoek op het vlak van inpassen en op elkaar afstemmen van materialen, elementen en componenten. Daar wordt in de bouw, in elk bouwproject toch wel een aantal percenten van de bouwsom aan besteed. Als dat tot onderzoek gerekend zou worden, zou men kunnen constateren dat de bouw best veel aan onderzoek en ontwerpontwikkeling doet, maar dat helaas door de onafhankelijkheid van projecten, door de ad hoc samenstelling van steeds andere bouwteams voor nieuwe projecten, er veel kennis en inzicht niet gebruikt wordt, en verloren gaat. "*Es ist nichts Neues dass Wissen vergeht*", zei professor Jörgen Schlaich in 1990 op het afscheid van professor Frei Otto in Stuttgart.

Maar met die ad hoc organisatie van vele onafhankelijke bedrijven wordt in de bouw niet een duidelijke 'body of knowledge' opgebouwd door het individuele karakter van het project, van de architect en de ingenieurs, die in het algemeen er niet op uit zijn om kennis en inzicht na verzameling te verzamelen, communicabel te maken en weer over te dragen op anderen om op die manier bij te dragen tot een verhoging van de stand van de techniek.

Op Bouwkunde TU Delft is de toedeling in percentuele mandagen voor onderzoek wezenlijk meer, maar het gebrek aan ervaring, uit- en toerusting bij de meeste leerstoelen, secties en afdelingen in het onderzoek, is debet aan de niet opzienbarende en stimulerende resultaten van het onderzoek op Bouwkunde. Er moet hard aan getrokken worden voordat het onderzoek op het gebied van de ontwerpende disciplines op Bouwkunde op een acceptabel niveau is gekomen.

Dertig jaar lang ben ik als constructief ontwerper in mijn design & build bedrijf in staat geweest voortdurend technische uitvindingen en innovaties te doen en deze toe te passen in projecten en in reeksen van projecten te verbeteren. Die vindingen werden als nieuwe technische impulsen in de markt gezet, toegepast in wat praktisch gezien wordt als een bouwkundige niche van technisch / constructieve specialisatie en voortdurende innovaties. Meer dan twintig jaar ben ik daarnaast full hoogleraar geweest en heb veel discussies gehad met collega's, ook op andere faculteiten en andere universiteiten. Tussen 2007 en 2009 heb ik een masterplan gemaakt voor onderzoek van de 80 bouwhoogleraren van de 3TU in Nederland. [Ref. 3TU Speerpunt Bouw, 2009]. In dat masterplan wordt ook uitgelegd dat fundamenteel onderzoek niet de forte van bouwkunde is. Dat willen de 3TU rectores en decanen wel om de gemiddelde score van hun universiteiten op te schroeven. Maar de hoogleraren komen er niet aan toe, de problemen liggen veel meer in het dagelijkse vlak dan in het doen van nieuwe uitvindingen van nieuwe materialen, van nanotechnieken en dergelijke. We kunnen vanuit de bouw de fundamentalisten beter uitdagen tot het doen van fundamenteel onderzoek.

Af en toe doen we zelf fundamenteel materiaalonderzoek, zoals dat noodzakelijk was om een 30 m kartonnen koepel in karton te realiseren. Het resultaat van ontwerpend onderzoeken en ontwikkelen was het voorspanprincipe van kartonnen buizen, dat specifiek voor een project van Shigeru Ban werd uitgedacht door Luis Weber, een van mijn constructeurs en dat nu door Shigeru Ban overal in de wereld wordt toegepast. Maar fundamenteel materiaalonderzoek? Karton was al ontwikkeld. We hebben in feite het beste materiaal opgezocht, getest en een principe uitgevonden waarop die kartonnen kokers konden worden verbonden op een simpele manier. Het resultaat was de eerste kartonnen koepel met 30 m overspanning in de wereld.

Een ander voorbeeld gold voor de glasvezelversterkte polyester schaaldaken in hun vrije vorm, gerealiseerd voor het Rabin Center in Tel Aviv. Daar was het principe van de vacuüm injectiemethode ontleend aan de productie van vliegtuigen en jachten. Maar de grootte van de dakvleugels, tot 20 x 30m² als maximum, zorgde ervoor dat de componenten slechts in 3,5 x 15m grote segmenten konden worden geprefabriceerd, vervoerd en op de bouwplaats constructief aan elkaar gevoegd moesten worden tot totale constructie maat. De constructieve segmenten moesten constructief verbonden worden met soms de grootste krachten dwars over de verbindingen heen. En die verbindingen mochten niet gebout zijn, maar in hetzelfde materiaal en constructieprincipe uitgevoerd. Dus de grootte van de architectuur was hier een uitdaging die beslist in haar ontwerp onderzocht en verder ontwikkeld diende te worden.

Qua afwerking moesten de vleugels glad en effen worden. De zon schijnt elk moment van de dag op een vanuit een andere hoek op de vleugels en met name op de tangentiaal aangeschenen oppervlakken zijn die vlakken dan met de geringste oneffenheden zichtbaar. Zelfs een oneffenheid van 0,5 mm geeft al schaduw.

Daarnaast waren er nog een aantal uitdagingen die met oplossingen en innovaties beantwoord moesten worden, zoals de assemblage en montage op een bouwplaats 4000 km verwijderd van het bureau en in moest er gewerkt worden bij hitte van 40 graden.

Maar het resultaat van dat ontwerp, ontwikkelwerk en onderzoek was wel de realisatie van de eerste GRP schalen voor 'free form architecture' en de introductie van een wereldnieuwe methodiek om een vrije vorm schalen te realiseren. Delen van die ontwikkeling zijn zeker ook fundamenteel toepassingsgericht geweest. Maar we maakten zeker gebruik van ervaring en kennis reeds opgedaan in polyester productie van zeilschepen en vliegtuigrompen, dus die delen leidden tot toepassingen. Maar alleen met toepassingen was het project nooit gerealiseerd. Daar was verder onderzoek en ontwikkelingswerk voor nodig. Overigens werd er in dit project geen bewust onderscheid gemaakt tussen onderzoek en ontwikkelen. Dat is een academisch debat. In principe lopen er flarden van ontwerpen, onderzoeken ontwikkelen door elkaar, samengehouden door engineering in termen van uitwerken.

In het algemeen geldt dat alleen als er omissies in de kennis zijn of indien de kennis op een hoger plan moet worden gebracht en het zinnig is bij voldoende behoefte nader onderzoek te doen. Maar het gaat niet alleen over kennis. Ook de vaardigheid om te gaan met die

kennis, deze kennis toe te passen door middel van allerlei ordeningsprincipes en het daaruit ontstane inzicht hoe met die kennis en kunde een probleem te lijf kan worden gegaan, kan onderwerp zijn van onderzoek.

Het ligt dan ook zeer in de lijn van de beschouwingen in deze monografie om te stimuleren dat op Bouwkunde de synergie tussen Ontwerpen, Ontwikkelen & Onderzoeken als een nieuwgenererend proces wordt aanvaard, het proces waarbinnen een ontwerp tot stand komt. Vervolgens moet gestimuleerd worden dat ontwerpen als resultaat van wetenschap wordt erkend als een karakteristieke Bouwkundebenadering om te komen tot een verhoging van kennis van, kunde en inzicht over en mogelijk de visie op de stand van de techniek. Bouwkundig ingenieurs zouden meer van de mogelijkheid gebruik moeten maken te promoveren op ontwerpen. Zelf ben ik gepromoveerd op de beschouwing over de ontwerpen van mijn oeuvre. Deze dissertatie [1989] bevatte veel nieuwe ideeën waardoor het met een cum laude beoordeeld werd. Ook Karel Vollers heeft een dissertatie over ontwerpen gemaakt: gedraaide gebouwen [Ref. 9].

Sinds 1905 voorziet de Nederlandse wetgeving in de mogelijkheid om op ontwerpen te promoveren. Weliswaar aan het eind van de industriële revolutie is die mogelijkheid beschreven alsof het ontwerp een machine betrof waarvan de werkwijze in een prototype kon worden aangetoond en waarbij het ontwerpproces en de werking diende te worden vastgelegd in een beschrijving. Overigens wordt er nog niet veel gebruik van gemaakt, er is nog terrein te winnen.

Daarnaast is er natuurlijk ook de architectuurhistorische mogelijkheid om bestaande ontwerpen (van derden) te onderzoeken en daarop te promoveren. Maar in een klein land als Nederland gebeurt dat niet met levende architecten. Het oeuvre van Herman Hertzberger en Hans Ruysenaars zouden zeker de moeite waard zijn. Maar gestorven architecten worden wel bestudeerd zoals men zich kan voorstellen bij Berlage, Gaudi en Frank Lloyd Wright.

Met de aanwezigheid van 90% deeltijdhoogleraren uit de ontwerppraktijk en 10% full time 'academics' op de faculteit Bouwkunde TU Delft zou men kunnen stellen dat er een groot reservoir aan mogelijkheden nog onbenut blijft: praktijkhoogleraren die hun meest prominente (eigen) projecten, gerealiseerd of alleen ontworpen op een wetenschappelijke wijze laten analyseren en de resultaten ervan als onderzoek aanmerken en met studenten in debat te gaan. Op die wijze kunnen de praktijkhoogleraren hun ontwerppraktijk, bijvoorbeeld 20% van hun beste projecten, analyseren als wetenschappers en die resultaten van wetenschappelijk beschouwd en geanalyseerd ontwerpen toevoegen aan de wetenschap. Zo zou de technische universiteit goed inzicht kunnen krijgen in de wijze waarop ontwerphoogleraren, die geselecteerd zijn als de beste in hun vak, hun professie op een wetenschappelijke wijze bekijken.

Deze zienswijze heb ik ingebracht in de KNAW commissie TWINS, [Ref. 39] en werd daar met instemming begroet. TWINS lid, collega Rutger van Santen, oud-rector TU Eindhoven heeft die opvatting in een debat voor de Onderzoekschool Bouw in 2010 positief begroet.

Zelf draag ik als hoogleraar die opvatting om je eigen ontwerp-oeuvre in wetenschappelijk licht te bezien en daarover te debatteren en de publiceren, met plezier uit. En bij de KNAW, het hoogste college van wetenschappers in Nederland heb ik voldoende begrip ondervonden.

Maar de Delftse onderzoeksleiding houdt zijn ogen gericht op het publiceren in peer reviewed tijdschriften, zoals de rector TU Delft en de fundamentele faculteiten dat willen. Zelf ben ik van mening dat de praktijk naar de wetenschap gebracht kan worden, zoals hierboven betoogd, maar de praktijkhoogleraren zouden ook een gouden ketting kunnen formeren vanuit 'academie' naar de 'industry'. De universiteit zou de deuren van de ivoeren toeren wagenwijd open kunnen gooien voor de bouwpraktijk en hen voorgaan in grensverleggend onderzoek om de bouw te laten zien hoe men over de recessie heen kan springen.

In het laatste decennium is onderzoek op Bouwkunde TU Delft in een stroomversnelling geraakt. De afdeling Bouwtechnologie waarvan ik van 2002 tot 2008 onderzoeksnestor mocht zijn, heeft goede resultaten bereikt in twee officiële research assessments. Op 13 mei 2008 de dag dat de Grote Brand van Bouwkunde plaats vond werd me op Harvard door prof. Martin Bechtold gezegd (Harvard School of Design, professor of Architectural Technology), dat hij de onderzoeksresultaten van Bouwkunde Delft hoogachtte. Hij zei: "Delft is the PhD machine". In de wereld van de architectuurfaculteiten, en de Harvard School of Design is niet onbelangrijk, doen we het dus niet slecht.

04.07

ONTWERPONDERSTEUNEND ONDERZOEK

Fundamenteel onderzoek kan als zelfstandige bezigheid worden gezien, zoals op algemene universiteiten het geval is. Op de technische universiteiten wordt in het algemeen alleen toegepast onderzoek verricht. Bouwkunde ziet als ontwerpende en construerende faculteit het onderzoek ten dienste van het ontwerpen veelal als 'research is service to design'. Onderzoek op Bouwkunde is voor het overgrote deel uiteindelijk een ontwerp ondersteunende bezigheid. Onderzoek heeft ontwikkeling nodig om tot uitwerking en toepassing te komen. Het ontwerp ondersteunend onderzoek zelf is over vele specifieke activiteiten van het ontwerpproces verdeeld. Overal waar een behoorlijke concentratie, onafhankelijkheid of afstandelijkheid en vernieuwing geboden is om tot nieuwe kennis en inzicht te komen, is onderzoek op zijn plaats.

Ontwerpen is stellen. Onderzoeken is vragen. In feite is de volgende stap na het stellen of na een ontwerpsynthese dat men zich afvraagt of het gestelde wel terecht is. Daarmee ziet men dat ontwerpen en onderzoeken op dit niveau zo hecht aan elkaar gekoppeld zijn, dat een splitsing op dat niveau niet zinvol is, zonder de vruchten van de synergie te verliezen. Een ontwerper die zich niet afvraagt of de ontwerphandeling die hij heeft verricht wel de beste is, is geen goed ontwerper, maar iemand die lukraak schiet, tenzij hij geniaal is, hetgeen zelden het geval is. Zelfs de ontwerpen van Renzo Piano getuigen van een intensieve synergie van ontwerpen, ontwikkelen en onderzoeken, waarin aan de drie activiteiten een grote hoeveelheid energie wordt besteed.

Net zoals het ontwerpen gevolgd wordt door het ontwikkelen of uitwerken van het ontwerp, kan men stellen dat het onderzoeken bestaat uit het stellen van de opgave, de doelstellingen, de strategie, de evaluatiecriteria en het conceptuele deel van het onderzoek, terwijl een goed deel van het onderzoek bestaat uit de verdere uitwerking of ontwikkeling. Er bestaat dus ook onderzoeksontwikkeling [naast de hierboven beschreven ontwerpontwikkeling]. Ook onderzoek bestaat uit een concipiërend deel en een uitwerkingsdeel. We zijn nu beland bij de bekende term 'Research & Development'. Het ontwikkelen moet de resultaten van het onderzoek uitwerken en in de praktijk toepasbaar maken. Ontwikkelen kan dus aan het ontwerpen worden gekoppeld. Hetgeen Design & Development / D & D genoemd wordt. Maar ontwikkelen kan ook aan het onderzoeken als zelfstandige bezigheid gekoppeld worden, dat wordt dan bekend als Research & Development / R & D.

Onderzoek concentreert zich gewoonlijk op een enkel aspect of een klein aantal, dat in het ontwerp- en ontwikkelproces aan de orde is. De onderzoeker concentreert zich op dat aspect. De ontwerper moet in de breedte alle aspecten met elkaar in verband brengen wil er van een evenwichtig ontwerp sprake zijn. Het ideaal leidt nog steeds naar dezelfde universele breedte als die van de beste kunstenaars uit de Renaissance. De ontwerper werkt in de breedte, de onderzoeker in de diepte. De ontwikkelaar werkt zowel in de breedte als in de diepte, maar minder breed en diep dan de ontwerper en de onderzoeker. In beide gevallen biedt de ontwikkelaar de toegang naar de praktijk van de toepassing en de realisatie.

Het onderzoek kan ook gericht zijn op materiële en technische, maar ook op immateriële en filosofische zaken en kan ook de methoden van onderzoek nader beschouwen. Het kan zowel gericht zijn op zeer praktische onderwerpen, maar ook filosoferen over de middelen waarmee ontworpen wordt en op de effecten die worden bereikt met gerealiseerde ontwerpen. Als de stand van de techniek in de architectuur een mengvorm van immateriële en materiële zaken is, lijkt het logisch deze mix ook door te voeren in het ontwerpen als onderzoek. Op Bouwkunde wordt door Taeke de Jong [Ref. 4] gesproken over ontwerpend onderzoek en over doel- en middelengericht onderzoek. De Jong is stedenbouwkundig onderzoeker en filosofeert over de wijze en het nut van onderzoek door bouwkundig ingenieurs. Zijn geschriften zijn theoretiserend en moeilijk toegankelijk voor nieuwkomers, maar interessant en worden aanbevolen voor nadere studie.

ONTWERP ONTWIKKELING EN ONDERZOEK IN HET PRODUCTONTWIKKELINGSLABORATORIUM

In het verplichte deel van de Masterstudie Building Technology op de TU Delft is een serie modules opgenomen die een letterlijke illustratie is van de integrale aanpak van het proces van ontwerpen, ontwikkelen en onderzoeken. Deze serie kan gekarakteriseerd worden door de begrippen 'Concept', 'Prototype' en 'Laboratorium'. In deze modules wordt in principe een ontwerp gemaakt, respectievelijk een prototype vervaardigd volgens dat concept en uiteindelijk wordt vaak een testprogramma gestart met terugkoppeling naar het ontwerp van de component, vervaardigd in het PO Laboratorium. Daarmede wordt een volledig ontwerpproces als het ware doorlopen. Tijdens het afstuderen kan de student, indien het dat wenst, dezelfde volgorde doorlopen met zijn afstudeeronderwerp. Deze beschrijving volgt de publicatie over Building Technology door oud-professor Jan Brouwer et al.



FIG. 65 Model 1 op 5 van het Maison d'Artiste zoals ontworpen door Theo van Doesburg en Cor van Eesteren in 1923, gereconstrueerd in haar geometrie vanaf zwart-wit foto's door mijn studenten (onder wie Joris Braat) in 2002 en gebouwd als prototype in het Prototype Laboratorium in 2003

HET CONCEPT

Ontwerpkarakteristieken en materiaaleigenschappen staan centraal. Ter discussie komen materialen en de vorm waarin die materialen in constructies verschijnen of te combineren zijn. Daarnaast leidt inzicht in de fysische en chemische materiaaleigenschappen tot de wezenlijke materiaalpotenties zoals sterkte, stijfheid, maar ook tot procesverwerking en duurzaamheidsaspecten. De module kent drie aparte kleine ontwerp oefeningen.

De eerste bestaat uit het ontwerpen van een kartonnen stoel, met een minimum aan materiaal [wordt gewogen] en simpele verbindingswijzen. Heel vaak werd er een oefening uitgeschreven om met een minimale hoeveelheid karton een zitfunctie te dragen. Dat kan getest worden door minimaal een pizza te eten in die stoel zonder dat die in elkaar zakt!

De tweede ontwerp tekening bestaat uit het ontwerpen van een gevelfragment. Elke student maakt een ontwerp scenario voor een industrieel te vervaardigen gevelsegment. Dat scenario houdt rekening met eisen en wensen, via een ontwerp concept naar een gematerialiseerd ontwerp waarbij de details uitgetekend worden op schaal 1 op 20 (voor de samenhang) en 1 op 5 voor de details.

De derde ontwerp oefening is een toepassings ontwerp. Een klein maar compleet ontwerp zoals een lichtgewicht 3D capsule die als een rugzak tegen een ambassadegebouw kan worden gehangen, waardoor ter plaatse het vloeroppervlak of het bergingsoppervlak wordt vergroot. Deze capsule zou geproduceerd kunnen worden in een kleine serie en moet geschikt zijn voor verschillende klimaten. Stel dat de opdrachtgever het ministerie van Buitenlandse Zaken is. Men wil een storingsvrije en stralingsvrije cabine. De aandacht is gericht op een kleine seriegrootte uiteraard op het gedrag van de gevel van de envelop of de huid van de rugzak als scheiding tussen binnen en buitenruimte rondom de communicatiefunctie van die capsule.

HET PROTOTYPE

Het doel van het prototype deel is het ontwikkelen van een gevelcomponent op basis van een beperkte lijst van keuzes [aluminium gevel, kozijnloze gevel, trap, kantoor inbouwsysteem en dergelijke], gebaseerd op een voorgaand ontwerp van de student. Tijdens de module wordt een studie gedaan naar de marketing mogelijkheden om te zien of het product concept tegemoet komt aan een huidige of toekomstige vraag uit de markt.

Naast de gegeven producteisen en de keuze aan materialen, wordt de invloed van de productietechnieken, mechanische doorloop tijdens productie en montage van elementen tot een component en van componenten tot een bouwdeel bestudeerd. Indien noodzakelijk worden branchevreemde techniek bestudeerd en geïmporteerd en wellicht toegepast voor bouwtoepassingen. Alle productie- en assemblage activiteiten worden hierbij betrokken. De student ondergaat een aantal handambacht oefeningen: lassen, machinaal bankwerken, draaien, frezen, plaat bewerken, zetten en het assembleren van elementen tot een samengestelde component. Van alle schets werktekeningen wordt een derde of een vierde uitgekozen om te worden gerealiseerd in materiaal. Zo worden de niet-gekozen

studenten toegevoegd aan de geselecteerde ontwerpen. Daarbij wordt een rollenspel verdeling gedaan: ontwerper, aannemer, producent, calculator, inkoper. In deze groepen van 5 tot 6 studenten zal een materiaal prototype worden vervaardigd, gewoonlijk in grote prototype als ontwerpfragment van maximaal 2 x 2m², zodat ze nog door dubbele deuren heen vervoerd kunnen worden. Het doorlopen proces van productontwikkeling moet worden gerapporteerd en geïllustreerd. Materiaalkeuze, eigenschappen, vervormbaarheid, technisch werkende systemen en toepassingen zijn belangrijke steekwoorden, evenals de kostprijscalculaties en de logistiek van vervaardigen en transport. Daarnaast speelt ook altijd de relatie tussen artistiek ontwerp van het component en de architectuur van het gebouw een grote rol.



FIG. 66 Metalen glasgevel in het prototypelaboratorium met horizontaal uitschuifbaar raam



FIG. 67 Detail van vakwerkconstructie van het provinciaal Floriadepaviljoen volgens geometrie Kas Oosterhuis, en in de cladding de algemene vorm van de cladding volgend. Het bleek een complexe en bijna onuitvoerbare opgave, zeker niet eenvoudig en onhaalbaar binnen de gegeven financiële projectvoorwaarden



FIG. 68 De buitenzijde van hetzelfde model (fig. 67): onmogelijk om de vloeiende geometrie met koudverbuigen van metaal een vloeiende vorm van de algehele carrosserie te verkrijgen

HET PROTOTYPE LABORATORIUM

In principe is het de bedoeling dat het gerealiseerde prototype onderworpen gaat worden aan verschillende wetenschappelijke onderzoeken en evaluaties. Maar veel van de door de studenten voorgestelde ontwerpen zijn uitzonderlijk (de ontwerpers zijn tenslotte architecten) en hun ontwerpen kunnen alleen met uitzonderlijk veel moeite ingebouwd worden in een test-opstelling. In dergelijke gevallen wordt een meer genormaliseerd ontwerp van stal gehaald om daarop de verplichte onderzoeken en evaluaties te laten plaatsvinden. Vervolgens wordt het ontworpen prototype met die standaard component vergeleken. Het gaat hier om het formuleren, het hanteren, en het beoordelen van de technische kwaliteit van componenten en elementen gedurende het hele ontwerpproces (concept / materialisering plus producties en bouwen) door de verschillende partijen in het rollenspel in een bouwteam. Studenten kunnen door middel van hun eigen en bouwfysische en materiële realisatieproces, door hun bouwfysische analyses naast basiskennis over de methodieken van wetenschappelijk onderzoek, ook kennis maken met de technische kwaliteiten van hun ontwerpen en de door hen gerealiseerde componenten. Verdere kennisstroom vindt plaats door zelfstudie, het bijwonen van lezingen, praktijkwerk en instructies. De verzamelde kennis en inzichten bij de student zou moeten leiden tot een test, feedback en verbetering van het concept ontwerp van de concept idee fase tot en met de realisatiefase van het prototype. De laatste activiteiten betreffen dus het verbeteren en het verder ontwikkelen van het originele ontwerp.

HET LABORATORIUM VOOR PRODUCTONTWIKKELING

In het laboratorium voor productontwikkeling wordt er high tech onderzoek gedaan door studenten op het gebied van 'Zappi'. Onderzoek op het gebied van taaie en stijve transparante constructies met veel aspecten. In dit laboratorium leren de studenten hoe ze kunnen lassen, bankwerken, draaien en frezen. Na deze module zijn de meeste studenten andere studenten met twee rechterhanden geworden. Het laboratorium heeft ook voldoende capaciteit om studenten uit andere takken van wetenschappelijke sport uit de dagen mee te doen. Er is ook ruimte voor PhD research, materiaalgebonden onderzoek en prototype gebonden ontwikkelingen en onderzoek. De kosten worden overwegend betaald door de faculteit of de afdeling.



FIG. 69 De kozijnloze en verbodingsloze glaskoepel van Jan Wurm als gastonderzoeker, later gepromoveerd op glasconstructies op TU Aken



FIG. 70 Details van de kozijnloze verbindingen tussen de 6 mm dikke glaspanelen van de koepel van Jan Wurm (zie ook fig. 71)

Maar de kosten zouden te hoog zijn voor de leerstoel als zij dat uit eigen middelen zou moeten financieren. Het laboratorium bestaat sinds 1995. In 2005 veranderde het van ruimte: in de vormstudiehal van de laagbouw van Oud-Bouwkunde.

In 2008 was er de Grote Brand van 13 mei, waardoor het laboratorium geheel vernietigd werd. Zowel het laboratoriumdeel waar de machines stonden en ook de buitenstaande modellen en prototypes: een 4 m grote zelfdragende glazen koepel werd verwoest door omlaag vallende brokstukken en puin. Het Maison d' Artiste prototype aan de achterzijde van het gebouw stond op 10 m afstand en kon op speciaal verzoek, daags na de brand weggesleept worden uit de gevarenzone, zodat het bewaard kon worden in iets beschadigde toestand. Daarna werd het opgeslagen bij Octatube en 2 jaar later geplaatst aan de voet van het nieuwe Bouwkundegebouw op de hoek van de Julianalaan en Schoemakerstraat, waar het 4 jaar heeft gestaan, totdat het in opgeknapte staat geschonken werd aan het Van Eesteren museum in Amsterdam.

Het PO Lab werd opnieuw ingericht met nieuwe apparatuur en werd verplaatst naar de Stevin II onderzoekshal van Civiele Techniek. Daar werd een werkplaatsruimte op de begane grond vrijgemaakt en ingericht, met een glazen scheiding van kantoor en machineruimte. De ruimte was te klein voor de prototypes, die dan ook tweemaal per jaar elders in Stevin II werden opgesteld.

Nadat Marcel Bilow Peter van Swieten had opgevolgd, werd het laatste onderkomen bij CT verlaten en is het laboratorium nu uiterst mobiel en 'vogelvrij'. Het is na 3 jaar BT-lab geheten te hebben, vanwege de financiering, inmiddels hernoemd tot 'Bucky Lab'. Peter van Swieten en Mick Eekhout schreven het boek *'The Delft Prototype Laboratory'*, [Ref. 38].



05 TECHNISCH ONTWERPERS

Op de vijf ontwerpfaculteiten van de TU Delft wordt op verschillende wijzen gekeken naar het proces van ontwerpen en de daarvan afgeleide ontwerpmethodologie. Het plaatst het bouwkundig ontwerpen ook tegelijkertijd in duidelijke relatie tot andere creatieve vakgebieden. Hieronder een kort overzicht.

05.01 VANUIT DE ONTWERPFACULTEITEN

Op Bouwkunde worden door de architectuurhoogleraren verschillende ontwerpbenaderingen nagestreefd, die in verschillende architectuurstromingen bestaan. Daarbij is opvallend dat er in de laatste decennia niet zoveel motivatie meer bestaat om zo methodisch te werk te gaan als in de zestiger en zeventiger jaren, culminerend in 'Notes on the Synthesis of Form' van Christopher Alexander [Ref. 40] [1964]. Richard Foqué heeft in 1975 een handleiding over ontwerpmethoden geschreven [Ref. 14], die later van een update werd voorzien. [Ref. 8] Taeke de Jong heeft in 2002 een groot imethodologieboek geredigeerd dat de mening van 40 architectuurdocenten bevat en in wezen zijn dat 40 verschillende methodieken. Hij is met emeritaat gegaan [Ref. 3] en er is geen opvolging. De methodologie van het ontwerpen wordt nu als vaardigheid geacht te worden onderwezen door de docenten die studenten bij hun ontwerp oefeningen en afstuderen begeleiden. Readers of dictaten waarin de theorie achter ontwerpmethoden zijn weergegeven in de vorm van kennis en inzicht ontbreken echter. Bij bouwtechnologie wordt het boek van Roozenburg & Eekels [Ref. 8] gebruikt. Eekhout geeft aan studenten Bouwtechnologie uitleg over zijn methode bij het ontwikkelen van nieuwe bouwproducten in zijn 'Organogram'. Deze monografie is het resultaat van zijn denken op het gebied van ontwerpmethodologie.



FIG. 71 Vooraanzicht 'Maison de Verre', 31 Rue Saint-Guillaume, Parijs, 1932, [arch. Chareau en Bijvoet]

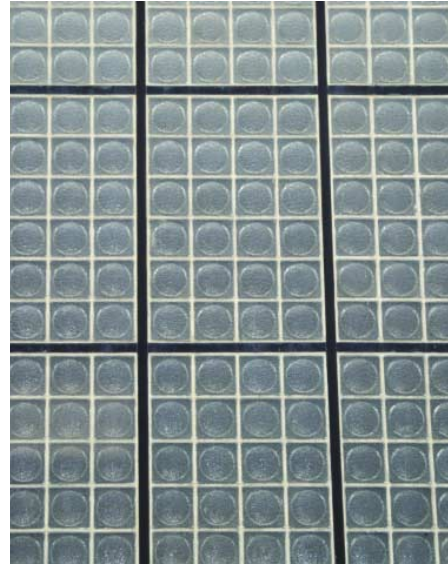


FIG. 72 Details van de glazen bouwblokken gebruikt in het Maison de Verre

Op Werktuigbouw, de grootmoeder van de technologie, is eenzelfde tweetal opvattingen over ontwerpmethoden gangbaar: de intuïtieve aanpak van ontwerpen, die niets wil weten van een gesystematiseerd ontwerpproces en de methodische aanpak van het ontwerpproces, zoals dat werd voorgestaan door prof. ir Klaas van der Werff [leerstoel Ontwerpkunde]. Hij merkte daarbij wel op dat het gehalte techniek in het werktuigbouwkundig ontwerpproces zeer hoog is. Zijn wijze van studenten uitdagen om originele ontwerpen te maken, leidde vaak naar een origineel uitvinderachtig concept met een zeer technische maar tevens vernuftige ontwikkeling tot een werkend prototype. Na het functioneel ontwerp volgde het ontwerp van het technisch systeem, de vorm, de materialen, de details in een aantal iteratieve ronden. Werktuigbouwers zijn niet zo gebiologeerd door het aura van ontwerpen: 'ontwerpen is het vertalen van een wens in een product dat deze wens vervult' [citaat Jan C. Cool].

Op Vliegtuigbouw hanteerde prof.dr.ir.Michel van Tooren een integrale visie, waarbij ontwerpen, ontwikkelen en onderzoeken elkaar voortdurend in een totaal geïntegreerd proces afwisselen en in feite onlosmakelijk aan elkaar verbonden zijn. Onder ontwerpen wordt verstaan het opzetten van een nieuw concept voor het geheel, voor een onderdeel, voor een detail of materiaaltoepassing. Onderzoek is het trachten bekend te maken van onbekendheden. Onder ontwikkelen wordt verstaan het ontwerp of deelontwerp van de ene fase naar een volgende fase door verdere uitwerking en optimalisatie brengen. Ontwerpen, ontwikkelen en onderzoeken stimuleren elkaar zonder volgorde of preferentie. Elk van deze

drie clusters van activiteiten kan optimaal worden ingezet. Bij vliegtuigbouw is de betekenis van het onderzoek door de noodzakelijke discipline van materiaaloptimalisatie, het lange levensduurgedrag en de noodzakelijke 'nulfouten' assemblage en de allesoverheersende veiligheid voor passagiers zeer veel arbeidsintensiever dan het ontwerpen.

Op Civiele Techniek werd door Prof. Dr. Ir. Hennes de Ridder vanuit zijn leerstoel Methodisch Ontwerpen onder ontwerpen verstaan 'alle activiteiten die te maken hebben met het nemen van beslissingen op materieel vlak'. Hij zei in zijn oratie [Ref. 6] dat 'Het doel van een ontwerpproces is het vinden van een effectieve oplossing voor een probleem, waarbij de oplossing efficiënt kan worden uitgevoerd'. En: 'van oudsher wordt zowel in het ontwerponderwijs als in het ontwerponderzoek de meeste nadruk op technieken gelegd. De structuur krijgt in het algemeen ook voldoende aandacht. Daarentegen wordt over de organisatie van het ontwerpproces maar weinig gezegd en geschreven. Dat is betreurenswaardig omdat de in Delft opgeleide civiel ingenieur in zijn beroepspraktijk in ieder geval wordt geacht leiding te geven aan een ontwerpteam'.

Zijn voorganger prof. B. M. Polak stelde in zijn dictaat 'Functioneel ontwerpen' [Ref. 16] in een korte filosofie over ontwerpen: 'ik zie het ontwerpen als een denkpatroon dat in de volgende etappes verloopt:

- stellen van een probleem;
- verzamelen van gegevens;
- ontwikkelen van alternatieven;
- toetsen van alternatieven;
- beschrijven van de gekozen oplossing in masterplan en detailplan'.

Elders stelde hij: 'Een ingenieur is misschien wel iemand die zich met ontwerpen bezighoudt' en 'Toch is het mogelijk dat de meeste ingenieurs hun grootste projecten hebben ontworpen toen zij nog student waren en dat velen daarna eigenlijk technici zijn geworden terwijl er een enorm gebrek is aan goede ontwerpers.'

Op Industrieel Ontwerpen staat de aanpak van het methodisch ontwerpen op een hoog niveau. Vanwege de bloedverwantschap met Bouwkunde geeft Industrieel Ontwerpen ons het meest heldere voorbeeld van de methodische aanpak. Roozenburg en Eekels [1] stellen als interpretatie van ontwerpen: het gehele ondernemingsproces vanaf het eerste productidee tot aan de productie en distributie van het product naar de markt heet 'productontwikkeling'. Dit totale productontwikkelingsproces bestaat uit een technisch [productgericht] en een commercieel [ondernemingsgericht] procesdeel. Productontwerpen is een onderdeel in dat allesomvattende proces van productontwikkeling. Onder ontwerpen verstaan Roozenburg en Eekels 'het uitdenken en vastleggen van de geometrie, de materialen en de bewerkingstechnieken van een nieuw product'. Maar ze schrijven ook: 'Toch is productontwerpen veel meer dan tekenen. In de eerste plaats is het vooral een gericht denkproces, waarin problemen worden geanalyseerd, doelen worden gesteld en bijgesteld, voorstellen voor oplossingen worden ontwikkeld en de eigenschappen van die oplossingen worden beoordeeld'.

In deze interpretatie behoren alle op de techniek gerichte activiteiten tussen initiatief en de uiteindelijke productvervaardiging gezien te worden als ontwerpen. Ontwerpen is de totaliteit van de activiteiten van productontwerpers, terwijl de omvattende totale ondernemingsactiviteit productontwikkeling wordt genoemd.

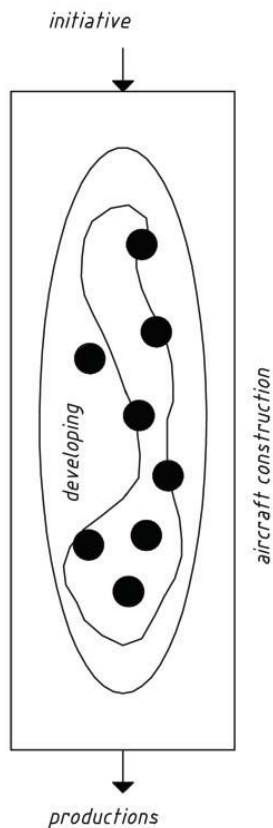


FIG. 73 Schema van productontwikkeling in de Vliegtuigbouw waar ontwerpen en ontwikkelen samengaan en onderzoek overal aanwezig is

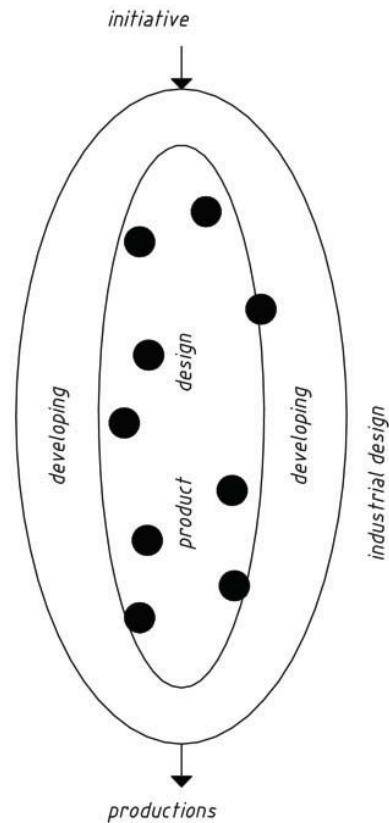


FIG. 74 Schema van productontwikkeling bij het Industrieel Ontwerpen. Kern is het productontwerpen, het ontwikkelen is eruit afgeleid.

Vanuit Bouwkunde wordt er vaak met enige reserve gekeken naar de wel zeer commercieel betrokken productontwikkeling op Industrieel Ontwerpen. I.O.-ers praten echter over het gehele proces van productontwikkeling en weten precies wie hun opdrachtgevers zijn: dat zijn producenten van consumentenartikelen. Ze identificeren zich beter met de gebruikers van hun producten dan menig architect. Architecten zijn niet zo gehoorzaam en beweeglijk als hun collega's op Industrieel Ontwerpen, hun 'brothers under the skin' [naar Rudyard Kipling in *The Ladies*].

Ook Jan Buys en Rianne Valkenburg sluiten zich in hun boek 'Integrale Productontwikkeling' (Ref. 1) aan bij de theorie van Roozenburg en Eekels. Over de fasering van het innovatieproces van Roozenburg & Eekels merken zij op: 'Uit het model blijkt dat het ontwerpen van het nieuwe product zelf, de kern van de productontwikkeling, slechts een stap is in het totale proces'. In het bijzonder vindt deze opvatting van het object- of productgerichte ontwerpproces binnen het omkaderende ondernemingsgerichte ontwikkelingsproces bij het bouwkundig ontwerpen ook steeds meer navolging. Zo blijkt het ontwerpen in het algemeen toch wel tussen technisch ontwerpers op de TU Delft een grote verwantschap wat betreft hun aanpak. Wel is het zo dat de variaties en mogelijkheden van een architect veel uitgebreider en groter zijn dan die van een vliegtuigbouwer. Het onderling respect is er dankzij de gemeenschappelijkheden en ondanks de verschillen.

05.02 ONTWERPERS IN DE BOUW

In de bouw vindt de gezamenlijke activiteit van Ontwerpen, Ontwikkelen en Onderzoeken in het totale ontwikkelingsproces op drie wezenlijk verschillende domeinen plaats, die elkaar echter diepgaand beïnvloeden: op het niveau van de stedenbouwkunde, op dat van gebouwen en van bouwcomponenten. Dat kan op een positieve wijze als twee opvolgende domeinen goed ontworpen zijn en elkaar frustreren als een van de twee een onvoldoende kwaliteit heeft. Een goed stedenbouwkundig plan verdient gebouwen van architectonische kwaliteit, een goed gebouw op een slechte locatie krijgt toch niet de optimale uitstraling en kunnen intelligente bouwcomponenten voor een simpel gebouw als 'parels voor de zwijnen' worden beschouwd:

- 1 Macro: stedenbouw;
- 2 Meso: gebouwen;
- 3 Micro: bouwcomponenten.

De drie domeinen beïnvloeden elkaar weliswaar, maar kennen in principe gespecialiseerde domeinontwerpers.

05.03 STEDEBOUWKUNDIG ONTWERPER

De stedenbouwkundige ontwerper ontfermt zich op de grootste schaal over de gebouwde omgeving. In zijn werk speelt de politiek, maar ook economie, politiek, sociologie, filosofie en maatschappelijke ontwikkelingen een grote rol, want juist bij het stedenbouwkundig ontwerpen moet er terdege rekening worden gehouden met allerlei ontwikkelingen op lange

termijn. Stedenbouwkundig ontwerpen wordt gewoonlijk verricht vanuit stedenbouwkundige bureaus en overheidsdiensten, maar wordt soms verricht door architectenbureaus. Vice versa slagen stedenbouwkundig ontwerpers die een masterplan hebben gemaakt voor een gebied, er soms in om in hun eigen stedenbouwkundig plan een gebouw volledig te ontwerpen. Andersom gebeurt het dat de architect van een gebouw in de omgeving daarvan een totaal stedenbouwkundig plan, een masterplan maakt. Stedenbouw wordt door architecten als een acquisitiemiddel gezien om opdrachten voor gebouwen te verkrijgen. Overigens vinden veel architecten het lastig als stedenbouwkundig ontwerpers te veel eigenschappen van het gebouw al hebben vastgelegd in een bestemmingsplan of een locatieplan. Maar ook stedenbouwkundige ontwerpers hebben hun broodnodige inbreng en competentie, zeker in grootschaliger en langduriger samenhang.



FIG. 75 De resident, ontwikkeling op stedenbouwkundig vlak van een hoogbouwbuurt voor kantoren in Den Haag Centraal [masterplan arch. Robert Krier]

Een duidelijk voorbeeld is verwerkt in de ervaringen van ir. Mariet Schoenmakers vanuit MAB in het stedenbouwkundig plan van De Resident te Den Haag, waar negen grote gebouwen in hun stedenbouwkundige samenhang moesten worden ontworpen en vervolgens de negen individuele gebouwonwerpprocessen met negen architecten moesten worden gecoördineerd en geleid vanuit een sterke stedenbouwkundige visie. Maar als stedenbouwkundige had zij zich ook te bemoeien met materiaalkeuzes, dus het domein van de bouwcomponenten: vaak overlappen de domeinen of raken elkaar en door dit soort domeinoverlappingsen kan dan toch iets onverwachts ontstaan. De ervaringen van de resident zijn door Vincent van Rossum verwoord in het boek 'Stadbouwkunst, de stedelijke ruimte als architectonische opgave' [Ref. 27].

Op Bouwkunde wordt de studie voor een groot deel gevolgd door studenten die hopen later als architect werkzaam te kunnen zijn. Vanouds wordt de architectuur beschouwd als 'de moeder der kunsten' ten eerste vanwege de 2000 jaar oude boeken van Vitruvius, maar ook omdat de ruimtelijke gebouwde omgeving aanleiding en gelegenheid geeft tot kunst. De architect heeft zich dan ook van oudsher gewenteld in het mystieke genoeg een toegepast kunstenaar te zijn. Hij ziet zijn positie tussen die van een kunstenaar en een technoloog in. Bij het architectonisch ontwerpen staan voor de architect daarom creativiteit en originaliteit voorop.

Hedendaagse kunstenaars ontwerpen creatief en intuïtief en leggen gewoonlijk nauwelijks of geen verantwoording af van hun ontwerpprocessen en slechts zelden van het resultaat. Hoe eigenzinniger, hoe beter. Kunst moet verrassen en verbazen en verbazing moet je niet uit leggen. De onverwachtheid en ongeremdheid trekt vaak een spoor vanuit originaliteit. Het omgekeerde komt ook vaak voor: dat een eigenzinnig ontwerp de onaantastbaarheid van origineel denken wordt toegekend. Een kunstenaar ontwerpt en maakt zijn vrije werk geheel voor zichzelf; verkopen komt later, misschien. In de toegepaste opdrachten is de vrijheid natuurlijk beperkter en moet een uitleg of motivatie aan opdrachtgevers wel worden gegeven, maar daar wordt vaak genoeg genomen met een ontwerp dat de relativiteit van het gewone bouwen laat zien. Kunst moet los maken.



FIG. 76 Sluiswachtersgebouw in Groningen, [arch. Gunnar Daan]



FIG. 77 Detail sluiswachtersgevel

Technici ontwerpen gewoonlijk functioneel, in technische schema's en materiaaltechnisch op een efficiënte wijze naar een doelmatig resultaat. Ingenieurs doen dat, of behoren dat althans te doen, op een originele en vernuftige wijze. De architect tracht de kwaliteiten van de kunstenaar en van de technicus in zich te verenigen. Echter, de architect heeft naast de

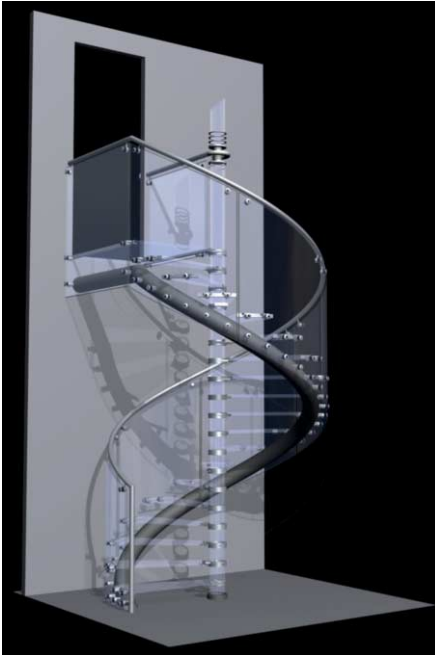
taak van het oplossen van een complexe ontwerpogave ook een grote maatschappelijke verantwoordelijkheid, omdat de gebouwen die door hem worden ontworpen, meerdere generaties lang het stadsbeeld mede bepalen. Zijn werk is in vele gevallen geïnspireerd door culturele invloeden. Cultuur, poëzie en kunst beïnvloeden zijn denken en zijn ontwerpen worden erdoor gekleurd.

De architect heeft ook een financiële verantwoordelijkheid ten opzichte van zijn opdrachtgever, aangezien hij een bouwopgave ontvangt, die moet worden uitgevoerd voor een [min of meer] vastgesteld budget. Hij ontwerpt gebouwen die worden gerealiseerd met geld van anderen. Dat geldt overigens voor veel ingenieurs, want ook bij kapitaalgoederen in het algemeen zoals bruggen, schepen, raffinaderijen, energiecentrales en vliegtuigen ontwerpen ingenieurs ten genoegen en ten koste van anderen. Maar in tegenstelling tot zijn collega-ingenieurs kan de architect veel sneller door zijn ondernemerschap in een kleinschalig en onafhankelijk bureau persoonlijk op verspillig aangesproken worden. In Nederland is feestvieren op kosten van anderen niet aan de orde en er zijn ook geen opdrachtgevers die superbudgetten ophoesten ten koste van andere ruimtelijke behoeften, zoals in 'les neuf Grands Travaux' van wijlen Francois Mitterrand in Parijs geschiedde. Nederlandse architecten leven in een cultuur van op aspecten ambitieuze bouwopgaven met beperkte bouwbudgetten en proberen daarin hun evenwicht te vinden. Ze zijn internationaal bekend vanwege hun vrijpostige verrassende ontwerpen tegen een bescheiden budget.

05.05

COMPONENTONTWERPER

Inmiddels zijn buiten stedenbouwkundig ontwerpers en architecten ook bouwcomponentontwerpers in de opleiding verschenen. Ook dit vakgebied van de bouwtechnologie kent zijn verwantschap en overlappingsen met de architectuur. Het ontwerpen van bouwcomponenten voor specifieke gebouwen werd in de traditionele materialen altijd door de architect gedaan. Het traditionele bouwproces evolueert tot een bouwplaatsassemblage van geprefabriceerde bouwcomponenten en industriële bouwproducten. Door de toenemende graad van benodigde kennis van technische schema's, materialen, productie- en assemblagemethoden, begint het ontwerpen van bouwcomponenten en het ontwikkelen van bouwproducten zich noodgedwongen als een volwaardig vakgebied te manifesteren. De competentie behoort in feite in het [grotere] architectenbureau aanwezig te zijn [1e mogelijkheid]. Het kan ook worden ondergebracht bij aparte ontwerp bureaus voor bouwcomponenten [2e mogelijkheid] of bij de engineeringafdelingen van producenten [3e mogelijkheid].



1



2

FIG. 78 Ontwerp en uitvoering van glazen spiltrap voor Sociëteit De Witte, Den Haag, [arch. Maarten Grasveld]

Er zijn slechts enkele architectenbureaus in Nederland waar componentontwerpen als een integraal en onafscheidelijk deel wordt gezien van het ontwerpen van een compleet gebouw. In de Britse hightech bureaus maakt het componentontwerpen altijd een onverbreekelijk deel uit van het ontwerpproces van het gehele gebouw. Filosofisch gezien hebben Britse ontwerpers altijd veel voeling gehouden met de techniek. Hun voorgangers in de 19e eeuw hebben vanuit de machinebouw, spoorwegen en scheepsbouw een flinke aanzet gegeven tot de industriële revolutie. De stoommachine, locomotieven en stoomschepen uit de vorige eeuw werden in één hand ontworpen met bruggen, stations en de meer bouwkundige delen van het product transport. De huidige Britse hightech bureaus gaan doelbewust op dezelfde weg verder. Het is een hoge kwaliteit, die duur betaald wordt, maar voor andere ontwerpers een duidelijke voorbeeldfunctie heeft. De kwaliteit van de onderdelen van een gebouw kan in hoge mate de kwaliteit van het gebouw beïnvloeden. De drie domeinen van stedenbouwkundig, architectonisch en bouwtechnisch ontwerpen vullen elkaar dus aan, versterken elkaar en moeten in het optimale geval alle drie duidelijk aanwezig zijn en leiden tot ontwerpen op een goed niveau. De domeinen verschillen, maar de benadering van het ontwerpen vertoont veel overeenkomsten. Om in het ene domein zinvol te kunnen werken moet het andere domein van een inspirerende kwaliteit zijn.

VAN BOUWMEESTER TOT CONCEPTUEEL ONTWERPER

Het al dan niet hanteren van ontwerpmethoden heeft zijdelings ook te maken met de positie van de ontwerper in het gehele bouwproces, die in de loop van de geschiedenis gewijzigd is door de toenemende complexiteit van programma, gebouwsamenstelling en proces van voorbereiding en uitvoering. De aandacht van de architect is meer op zijn positie gericht dan vanuit een vaste positie op het optimaliseren van het ontwerpresultaat door een methodisch proces. Als de architect niet meer de spin is in het bouwproces, zal het resultaat van zijn ontwerpproces, hoe methodisch ook gevoerd, door derden uit andere motieven gewijzigd kunnen worden tot een suboptimaal resultaat. In tegenstelling tot alle andere technische vakgebieden op de TU heeft de ontwerper van gebouwen (de Griekse 'meester-timmerman' later in de Gotiek de 'meester-steenhouwer', vanaf de middeleeuwen 'bouw-meester' en vanaf de Renaissance 'architect' geheten) zich in aanzienlijke mate weten te onderscheiden van andere personen in het bouwproces. De bouwmeester beheerste abso-luut vanaf de top het bouwproces, zowel in artistieke als uitvoerende zin.

BRUNELLESCHI'S KOEPEL VAN FLORENCE

In het algemeen wordt aangenomen dat de Italiaanse Renaissance begon in Florence in 1420 met het ontwerp van de koepel boven de Santa Maria del Fiori door Filippo Brunelleschi. Ross King schreef er een boeiend boek over [Ref. 41]. Interessante aspecten zijn de gekozen geheimhouding tijdens de ontwerpwedstrijd; het gehanteerde spiegelbeeldschrift; het salomonsoordeel van de jury, de Opera del Duomo, waardoor twee aartsvijanden moesten samenwerken; de vernuftige, sterke en lichtgewicht dubbele metselwerkschaal van de koepel; de design & build werkmethode waarbij de architect zijn kostbare marmerttransport zag wegkantelen in de rivier de Arno. Tijdens het bouwen vond de allereerste historische (en beschreven) bouwstaking plaats. Brunelleschi had zijn koepel bovenop het gotische kruisgewelf ontworpen om vanuit hangende steigers te worden uitgevoerd. Een slimme business as usual oplossing om voor de kerkinkomsten tijdens dan 20 bouwjaren. Binnenwaartse steigers die zouden uitkragen vanaf de randen van de koepel op 52m hoogte. Hijskranen waren bedacht met een versnellingsmechanisme om de ossen op de begane grond te laten doorlopen en het hijsen in een vrijloop te laten, de eerste versnellingsbak. De hijsmast werd zwenkbaar om de 2 ton zware marmerblokken vanuit de hijspositie op de steiger te kunnen laten draaien. Voor het urineren boven werd een oplossing gevonden. Bier werd vervangen door aangelengde wijn als aanmoediging. Maar de bouwvallers geloofden hun architect niet. Toen de steigers waren gebouwd, ingehangen eigenlijk, zeiden ze tegen de architect: "*Doe het zelf maar*". En de architect demonstreerde het in de eerste rondlopende ringen met een aantal onbevreesde vrienden. Toen eenmaal bleek dat de architect niet alleen een slim constructief systeem had bedacht, maar ook het bouwen veilig had voorzien, kwamen de bouwvallers weer terug. Overigens werd Florence tijdens de bouw belegerd door de hertog van Milaan en de bouwvallers waren Longobarden. Dus hun familie kon gegijzeld worden. En in die oorlogssituatie bouwde

Brunellesci vlijtig verder. Dat alles maakt een leesbaar en herkenbaar verhaal dat 600 jaar oud is, maar zo zeer parallel is aan de hedendaagse bouwprocessen.

De hoofdaannemer zoals we die nu kennen, is allengs ontstaan uit de assistent van de architect die de zorgen van de uitvoering op zich nam. Met het korter worden van de bouw tijden, met het meer parallel dan serieel organiseren van activiteiten, is het totale bouwproces steeds complexer geworden en minder goed te overzien door één persoon. Het complexer wordende bouwproces is in de laatste generatie in aanzienlijke mate gestalte gegeven door adviseurs in allerlei vakgebieden, eens behorend bij de totale vakkennis van de architect. Zo verschenen het eerst constructieadviseurs op het toneel, gevolgd door klimaatadviseurs, daarna kwamen bouwkostenadviseurs om op de hielen gezeten te worden door bouwmanagementadviseurs die het managen van het complexer wordende bouwproces als fulltime bezigheid naar zich toe trokken. De hedendaagse architect is een kei als hij toch het overzicht weet te houden over de activiteiten van alle partijen in het bouwproces. Gewoonlijk zal hij genoeg moeten nemen met een deel van de vroegere rol. De plaats in de top van de piramide heeft hij gewoonlijk moeten ruilen voor een plaats als functioneel en esthetisch vormgever ergens in die piramide. Het is overigens niet te verwachten dat bouwprocessen voor grotere gebouwen in de toekomst zodanig snel zullen versimpelen dat de architect weer op een eenvoudige wijze naar de top van de piramide kan terugkeren. Tenzij hij de macht grijpt door middel van het BIM model, het digitale 3D model waarin alle onderdelen van het gebouw zijn weergegeven. Dat digitale model geeft hem weer de macht over het bouwproces, maar ook de verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden die erbij horen.

De gehele samenleving wordt steeds complexer. Dienstverlening die zich aanvankelijk als een aantrekkelijke hulpdienst aanbood, heeft zich inmiddels zodanig geïnstitutionaliseerd dat een proces zonder bijna niet meer mogelijk is. Het lijkt op een 'going process without return'. De plaats van eerste vertrouwensman van de opdrachtgever, die de architect traditioneel had, is inmiddels ingenomen door de bouwmanager, die zelf geen artistieke pretenties heeft en zich conformeert aan de wensen van de opdrachtgever, namelijk bouwen binnen budget en op tijd.

De architect heeft het nakijken, als hij tenminste niet zelf deze nieuwe adviesdisciplines in eigen huis haalt en op deze wijze weer een compleet pakket aan diensten aanbiedt. De architect bevindt zich in de meeste grote bouwprojecten in een minder autoritaire positie en tracht nog zoveel mogelijk status te behouden. Van Duin schreef: 'de architect moet zijn plaats in de bouwproductie heroveren' [Ref. 13]. Een kort zinnetje in een oratie is echter niet genoeg om het vliegwiel aan te zwengelen. Daar is een krachtsinspanning vanuit de gehele architectenbranche nodig. Het hoge gehalte aan individualisme bij het functioneren van de architect zorgt ervoor dat individuele protesten niet aangevuld worden op grotere schaal. In het Pinksterpamflet '95 van Jo Coenen werd tegenover opdrachtgevers geprotesteerd tegen de slordige omgang met architecten, die voor weinig of geen honorarium in een wedstrijd-situatie geacht werden hun creativiteit en vernuft te bundelen tot een groots ontwerp waarvan er uiteindelijk toch maar één gerealiseerd zou kunnen worden. Echter ook dit pamflet heeft geen massaal protest van architecten of van

hun professionele vertegenwoordigers ten gevolge gehad. De huidige situatie wijzigt niet, tenzij met de inzet van velen en zeker van de prominente professionals. Maar zelfs bekende architecten, ook de hoogleraren onder hen die uit hoofde van hun professoraat een lans zouden kunnen breken, houden zich verre van publiciteit in deze zin.

In de bouwsituatie komen alle partijen in het bouwproces voort uit een eigen zelfstandige discipline en hebben dientengevolge hun eigen financiële verantwoordelijkheid naast hun technische competenties. Onwilligheid, bewust of onbewust, onbegrip en juridisch in plaats van technisch interpreteren van instructies, kunnen daar het gevolg van zijn. Deze rol van de architect in het bouwproces is ontleend aan processen rondom het realiseren van middelgrote en grote gebouwen. Bij kleine gebouwen is de situatie minder uiteengetrokken en maakt de architect in het algemeen nog goede kans op een positie als spin in het web. Ofschoon het goed is ons te realiseren welke evoluties er in het recente verleden hebben plaats gevonden, worden ze toch voornamelijk gememoreerd vanwege de toekomst die voor ons ligt. De universiteit richt zich op jonge professionals die pas in het derde millennium in de praktijk zullen treden en die niets anders weten dan het huidige rollenspel en competenties. We moeten energie putten uit het verleden, maar ons tevens richten op de toekomst: Nederland in 2040.

Deze situatie van een ad hoc samenstelling van een bouwteam of bouwverband stoelt op de gegroeide traditie van aanbestedingen en onderaangebestedingen en in feite wellicht op de oer-Hollandse koopmansgeest van opdrachtgevers, die in wezen diametraal staat ten opzichte van het Japanse model waar ontwerpen & uitvoeren binnen de grenzen van een groot Japans industrieel conglomeraat of 'gurupu' heel goed mogelijk is, en daardoor ook de kracht van concentratie krijgt. Inmiddels heeft de EEG ook de ad hoc samenstelling van deelnemers aan bouwprocessen bekrachtigt door het in competitie uitschrijven van werkzaamheden, zowel van architectenwerk als van uitvoeringsaanbestedingen, op basis van het vrije ondernemerschap en van gelijkwaardigheid voor allen. Het ziet er dus naar uit dat verbeteringen in het voorbereidingsproces en uitvoeringsproces zullen moeten plaats vinden binnen de huidige machtsverhoudingen.

In tegenstelling tot de geprivatiseerde en gefragmenteerde situatie in de bouw, maken de ontwerpers in andere technische vakgebieden bijna altijd deel uit van een groter bedrijfsgeheel, waarin ontwerpen, ontwikkelen, onderzoeken, produceren en realiseren vaak in één bedrijf met verschillende afdelingen plaats vindt. Technisch ontwerpers maken conceptuele ontwerpen en zorgen er daarna voor dat dit concept ook wordt gematerialiseerd, tot productiegereedheid verder wordt ontwikkeld, maar de ontwerper dient zich tevens te onderwerpen aan bedrijfsdoel nummer één: het maken van bedrijfswinst, ook al is dat minimaal. Hoewel in alle gevallen de ontwerper verantwoordelijk is voor zijn ontwerp, illustreert de bovenstaande gedachtengang voornamelijk de macht die de ontwerper van gebouwen heeft om zijn ontwerp geheel naar eigen inzicht te laten uitvoeren en niet te laten devalueren. Een sterke positie van de ontwerper is een betere garantie voor een hogere kwaliteit van het gerealiseerde ontwerp en zou dus moeten worden nagestreefd vanuit de Bouwkunde opleiding.

De hedendaagse productontwerper verdeelt zijn tijd, besteed aan een bouwcomponent in vier hoofdniveaus. Hij houdt zich respectievelijk bezig in het voorbereidingsproces met:

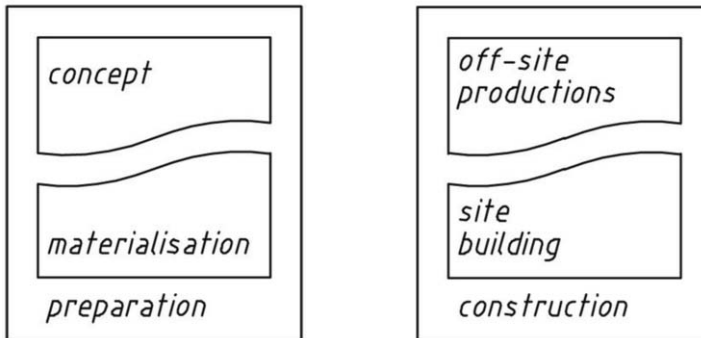


FIG. 79 De voorbereidingsfase bestaat uit het ruimtelijk concept en de materialisatie van het ontwerp, de bouwfase bestaat uit het op verschillende fabrieken en werkplaatsen vervaardigen van onderdelen en het op de bouwplaats monteren en afwerken van het gebouw als technische artefact, samengesteld uit materialen, elementen en componenten

- Concept & Materialisatie

en in het uitvoeringsproces met

- Productie & Realisatie.

De eerste twee zijn hoofdzakelijk activiteiten op het bureau, die direct door hem, respectievelijk zijn medewerkers of adviseurs worden uitgevoerd: bouwvoorbereiding. De laatste activiteiten worden door uitvoerende partijen gerealiseerd in fabrieken, werkplaatsen en op de bouwplaats: bouwuitvoering. Daarbij heeft hij een productie- en bouwbegeleidende en kwaliteitsbewakende rol. Deze vier hoofdactiviteiten spelen een belangrijke rol in de kwaliteit van het te realiseren gebouw. De kwaliteit van de hoofdactiviteiten van de ontwerper heeft een directe invloed op de kwaliteit van het bouwproduct als resultaat. Die kwaliteit is mede afhankelijk van zijn bekwaamheden die in vier niveaus kunnen worden onderscheiden:

- Kennis [feiten, structuren];
- Kunde [vaardigheid];
- Inzicht [en overzicht];
- Visie [kijk op toekomst].

Kennis is te leren door studie. Kennis moet ook worden bijgehouden. Kunde of vaardigheid verkrijgt men door te oefenen met het maken van ontwerpen. Een kundig ontwerper maakt redelijke gebouwen en bouwproducten. Maar met alle kennis die men in steeds grotere frequentie en steeds grotere indringendheid krijgt toegediend via allerlei gegevens bestanden van auditief/manueel tot geautomatiseerd/elektronisch, wordt de behoefte aan het leggen van verbanden van het weten 'waarom' steeds sterker. Informeren zonder structuur om die informatie op te slaan en begrijpelijk te maken, is op den duur zinloos. Vaker weet men dat het zien van verbanden tussen feiten nog belangrijker wordt dan de feiten zelf. Inzicht verkrijgt men als men de complexe verknoppingen van de ingrediënten van het vak, de problemen en de oplossingen ervoor, overziet en vanuit die positie ook opereert. Doorzicht, overzicht en inzicht hebben alle hiermede van doen. Een ontwerper met inzicht is een goed ontwerper. Het is maar weinigen gegeven boven dat inzicht ook een [toekomst-] visie te hebben waar het met de ontwikkeling van de samenleving, de architectuur, de bouwtechnologie en de plaats en rol daarbij van het ontwerpen naar toe zal gaan. Visie betekent mening over de toekomst van het vak in de maatschappij en wordt hier niet uitgelegd als ontwerpvisie voor een gebouw, als uitleg hoe een ontwerp past in zijn context, maar als kijk op de toekomst. Studenten kunnen in de voornoemde vier trappen doelen zien voor zelfontplooiing. Visie is overigens zoals vele begrippen aan slijtage onderhevig door modieus gebruik ('Bewakers met visie'). Studenten dienen een aantal mentale eigenschappen te bezitten in de oplopende intensiteit van een piramide:

- Interesse;
- Enthousiasme;
- Gedrevenheid;
- Passie;
- Gave.

Met deze steeds intenser wordende attitudes is er een goede kans op steeds betere resultaten bij het ontwerpen. De opgave van de docent is interesse om te zetten in enthousiasme, dit weer in gedrevenheid etc. Alleen passie en gave kunnen een ontwerper in staat stellen een gebouw of een bouwcomponent als een compositie van levenloze onderdelen te veranderen in een levend ding. Gebouwen en bouwcomponenten met een geest, een spirit, een esprit zijn het verschil tussen een goed en een uitstekend product.

Het is dus niet genoeg als de opleidingen aan studenten alleen kennis toedienen en kunde via ontwerp oefeningen. Docenten moeten hun inzicht en visie laten zien om een hoger doel te tonen waardoor studenten gemotiveerd zullen raken om hun tergend langzame proces van kennisopname te doorstaan. Teveel kennis zonder inzicht en visie is dodelijk voor een ontwerper. Steeds maar weer oefenen in kunde zonder inzicht leidt tot routine zonder vuur. Inzicht en visie dragen de motivatie en doelgerichtheid aan, terwijl kennis en kunde de feitelijke inzetbaarheid van de ontwerper bepalen. Maar alleen visie zonder invulling van kennis en kunde betekent helikopteren zonder ooit met beide benen op de grond te komen. Op visie en een beetje demagogie om opdrachtgevers te verleiden, kan men wel een bureau baseren, echter elders in het bureau is dan wel kennis en kunde vereist voor de materialisatie, die evengoed het succes van het bureau bepalen. Inzicht op zichzelf houdt

al een behoorlijke basis aan kennis en kunde in, hoewel deze niet paraat hoeft te zijn. Inzicht en visie zouden dus wel tot goede nieuwe ontwikkelingen kunnen leiden.

De lezers van deze monografie zijn componentontwerpers, werkend aan de zijde van de industrie en technische architecten, werkend op architectenbureaus. Daarom worden in deze monografie voortdurend overwegingen gegeven zowel vanuit de architect als vanuit de componentontwerper. In de laatste decennia is er een algemene tendens om het management op de bouw af te pakken van de architect. De componentontwerper bevindt zich in het algemeen in een situatie waarin hij een beperkte verantwoordelijkheid heeft voor het management van het ontwikkelingsproces. Vele architecten zijn opgelucht, omdat ze van mening zijn dat bouwmanagement niet genoeg toevoegt aan de kwaliteit van het gebouw om er zoveel energie aan te besteden. De kwaliteit van het gebouw is in hun visie reeds volledig besloten in de gebouwspecificaties van de uitschrijving. Dit is nogal naïef. Er gaan zoveel dingen verkeerd dat alleen al om de kwaliteit van het ontwerp te verdedigen, de architect op de bouw aanwezig moet zijn en de componentontwerper in de fabriek. Het uitvoeringsproces laat vaak een voortdurende strijd tussen alle op het project aan elkaar gekoppelde partijen zien die als een rattenkoning de staarten verward heeft. En er moet snel en efficiënt beoordeeld en gewijzigd worden. Dat vereist een hoge mate van realiteitszin van de ontwerper.

Maar aan de andere kant zijn er natuurlijk vele bouwmanagers zeer tevreden als ze juist dit stuk werk van de architect over kunnen nemen. Ze weten dat hen steeds meer macht toevalt. De meerderheid van personen aan een bouwvergadering bestaat tegenwoordig vooral uit meekijkers: de niet-direct producerende partijen. Een kundig ontwerper voorziet de productie en bouwplaatsprocessen in zijn ontwerp, zodat er geen grote verrassingen tijdens de uitvoering naar voren komen. In steeds hogere mate moet hij rekening houden met de enigszins beroepsvreemde productie- en fabricageprocessen bij het ontwerpen van geprefabriceerde of geïndustrialiseerde elementen en componenten waaruit het gebouw is opgebouwd.

Dus het merendeel van het werk van de architect moet gedaan zijn als het gebouw wordt aanbesteed. Technische architecten werken met geprefabriceerde of geïndustrialiseerde elementen en componenten en hebben hun zaken ook al in het ontwerpstadium perfect voorbereid en uitgewerkt. Zij behoeven minder angst te hebben om het management aan anderen over te laten, ofschoon ze vaak zulke perfectionisten zijn dat ze helemaal niet de controle over het productie- en assemblageproces zullen kwijtraken. In deze gang van zaken is het inspelen op het marktmechanisme door de opdrachtgever (gebouw en onderdelen voor de laagste prijs laten bouwen met slechts minimale eisen in het vooruitzicht gesteld) en van de hoofdaannemer (het vinden van hefboomposten en verzekeren van goede winstgevendheid van het bedrijf) de oorzaak van heel wat stroefheid en het noodgedwongen besteden van veel energie bij kwaliteitsonderhandelingen van de architect tijdens de uitvoeringsfase.

Maar wat geldt voor de architect, gaat ook vaak op voor de componentontwerper. Logischerwijze moeten de architect en de componentontwerper een ruime kennis van

productietechnieken hebben zodat zij weten welke materialen worden gebruikt, welke processen er kunnen worden ingezet en welke element- en componentvormen daarvan het resultaat zijn. Vaak denkt de architect andersom: alleen aan het gebouw als resultaat. De aannemer moet maar zien hoe hij het gemaakt krijgt. ('Je kunt altijd wel een sukkel vinden die het voor je maakt'). Omdat een steeds groter deel van de bouwtechnologie ontwikkeld wordt buiten de bouwkundige tekenkamer en buiten de bouwplaats, zijnde de klassieke domeinen van de architect, moet deze nu zijn kennis zien te verzamelen bij de industrie: de producenten en fabrikanten die de componenten van zijn gebouw in feite herontwerpen, uitwerken, vervaardigen en assembleren.

Diezelfde industrie is soms al in het aanbestedingsproces verschillende malen als een citroen uitgeknepen, nadat ze haar informatie heeft gegeven, zodat ze soms kopschuw reageert naar architecten. In de ervaring van de auteur als componentontwerper en producent, worstelen projectarchitecten over de gehele wereld met hetzelfde probleem om op de hoogte te blijven van de huidige productie- en fabricageprocessen. De twee belangrijkste ontwerpactiviteiten Conceptontwerp en Materialisatie worden vaak in twee verschillende personen in een (groter) architectenbureau gevonden, een specialisatie die afhankelijk is van de kennis en kunde van weerskanten. De kracht van de scheiding is echter vaak gelegen in de combinatie. Dus moet de conceptualist weten hoe productieprocessen tot stand komen, althans voldoende erover weten om een correct schema te ontwerpen en zo weinig ervan vervuld en erdoor geblokkeerd zijn dat hij toch een flamboyant ontwerp kan maken.

Gek genoeg hoor je vaak dat een te diepgaande kennis van technologische processen ook een verlamdend effect kan hebben op het architectonisch concept. Maar dat geldt niet voor de bouwcomponent. We leven in een generatie met een overvloed aan informatie, die in feite veel groter is dan ooit tevoren, terwijl onze geheugenruimte toch maar beperkt is. Bovendien heeft de ontwerper te maken met een complex van een groot aantal zeer uiteenlopende aspecten bij het ontwerpen. Dus is het alleen al zinnig om de opleiding van ontwerpers meer op overzicht en inzicht te richten dan op exacte kennis. Liever zouden we generalisten opleiden met een minimale diepgang dan specialisten met een te grote diepgang.

Hopelijk komt bovenop de kennis, kunde en inzicht dan door zijn passie en gave een esprit in het ontwerp. Het belang van dat inzicht als koppelniveau tussen kennis & kunde en passie & gave is de reden waarom dit boek als het ware helikoptert over ontwerp- en ontwikkelprocessen. Idealiter zou de bekwaamheid van het maken van het concept en de materialisatie verenigd moeten zijn in dezelfde persoon, maar bij de grotere bouwprojecten is het handig om een arbeidsdeling te hanteren en daarmee is deze scheiding onvermijdelijk. De scheiding tussen het conceptuele deel en het materialiserende deel van het ontwerpen is al ontstaan in de vorige eeuw toen specialistische technieken werden geïntroduceerd in de bouwtechniek en grotendeels door architecten werden verwaarloosd of geminacht omdat hun interesses anders lagen. Die waren meer gericht op de (glorieuze) geschiedenis dan op het toenmalige heden.

De twee typische houdingen van architecten in ontwerpconcept en materialisatie stammen in feite af van de controverse tussen de 'Ecole des Beaux Arts' en de 'Ecole Polytechnique'. Een architect die niet kan materialiseren is een dromer en een architect die niet in staat is om zijn gebouw een overtuigend of bevredigend concept mee te geven is slechts tekenaar en geen ontwerper. De architect die in staat is om zijn gebouw bezeten te laten zijn van een esprit, is een prima donna. Een goed projectarchitect zou zowel in principe het conceptueel ontwerp als het materieel ontwerp van het gebouw moeten beheersen. Een excellent architect weet daarenboven hoe aannemers, producenten en fabrikanten moeten worden uitgedaagd om gebouwdelen te vervaardigen die de stand van de techniek verhogen.

In deze dialoog is de industrie gewoonlijk nogal conservatief omdat bij het uitwerken van nieuwe ideeën discipline, organisatie, logistiek en winstgevendheid op het spel worden gezet, om nog maar niet te spreken van de onkunde om te gaan met andere concepten. Aan de andere zijde van de tafel stranden vele suggesties van architecten om het onmogelijke mogelijk te maken gedaan uit pure onwetendheid van de mogelijkheden van productie-processen. Slechts zelden komen we architecten tegen die voldoende kennis en inzicht hebben in productieprocessen en graag nieuwe componenten gemaakt zouden willen zien, die na veel getrek en gedruk dan ook inderdaad door de industrie gemaakt blijken te kunnen worden. Waarbij de industrie zich niet bewust was van die mogelijkheden en waarmee in feite de stand van de techniek zou worden verhoogd.

Veel van die volhoudende architecten zijn werkelijk geïnteresseerd in de techniek. Britse hightech architectenbureaus hebben in de 70- er en 80-er jaren die weg aangegeven. Waarschijnlijk is die ontwikkeling zeer afhankelijk geweest van de Britse interesse in de werktuigbouw en aanverwante technieken zoals treinen, schepen en vliegtuigen, die Britse architecten heeft beïnvloed om positief over technologie in de architectuur te denken. Of zou men beter kunnen zeggen hen heeft gevaccineerd tegen het verlies van zin en smaak in technologie. Architecten met een grote interesse in de technologie van het bouwen zoals Frei Otto, Renzo Piano, Richard Rogers, Norman Foster, Nicolas Grimshaw, Michael Hopkins, Ian Ritchie en Santiago Calatrava, om slechts enkelen te noemen uit de generatie van 'technische architecten', hebben de wereld en hun collega's getoond welke vooruitgang er kan worden geboekt in technologisch opzicht, en hoe techniek de kwaliteit van de architectuur kan stimuleren. Ze weten dat in iedere prestatie een nieuwe uitdaging verscholen is. Ze hebben allen een passie voor ontwerpen en bouwen en de gave om technologie en architectuur boven het gebruikelijke niveau uit te tillen. Een maatschappij die niet in de geschiedenis op haar gebouwen kan worden beoordeeld, raakt gemakkelijk vergeten. En deze architecten maakten ook joyeuze concepten die als een vloedgolf wegen baanden voor hun navolgers.

In iedere generatie zullen er slechts enkele creatievelingen zijn van het kaliber van Leonardo da Vinci en Michelangelo, die zowel meesters waren op het gebied van concepten, de keuze van geschikte materialen en de kunde om hun concepten [vaak persoonlijk] letterlijk in materiaal om te zetten. Renzo Piano is de grootste hedendaagse held van de technische architectuur. Wij spreken als architecten van materialiseren niet meer in dezelfde letterlijke, maar in figuurlijke zin: het in materiaal bestemmen van het ontwerp. Het letterlijke

materialiseren gebeurt natuurlijk door de industrie en de bouwers. Maar de helden leiden de weg voor collega's die minder begaafd zijn met bekwaamheden en gelegenheden. Dankzij de gecompromitteerde en gefragmenteerde toepassing van technologie in steeds ingewikkelder wordende gebouwen, worden gebouwen steeds minder strenge composities van verschillende bouwdelen en componenten. Daarbij is in dit gehele complex technologie minder dominant en soms zelfs bewust verkeerd gebruikt.

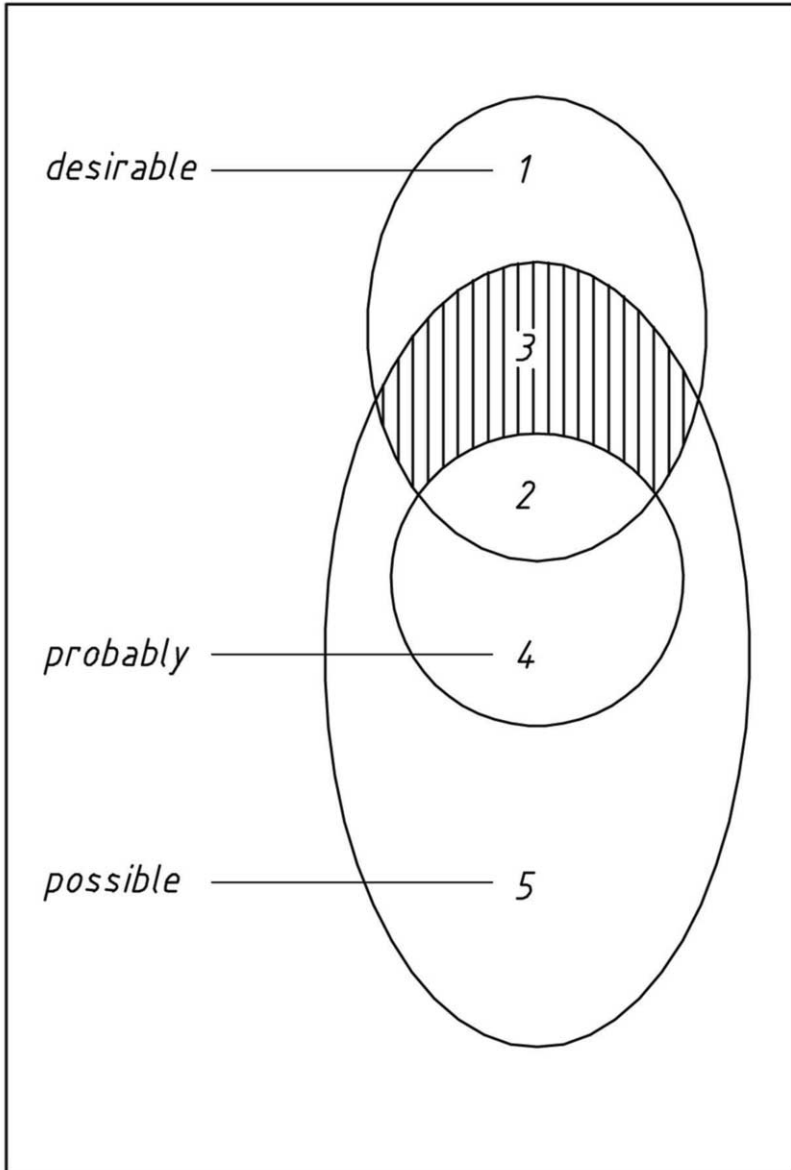


FIG. 80 De Alamillobrug naar ontwerp van Santiago Calatrava in Sevilla

Daarom wordt de benaming hightech steeds minder van toepassing en kunnen we beter spreken van mildtech, waarin het hedendaagse evenwicht tussen technologie in zijn verschillende niveaus en architectuur tot uitdrukking wordt gebracht. Het is mogelijk traditionele technieken te combineren met zeer geavanceerde technologieën. Onze generatie heeft niet het doel meer, noch de middelen, om een kilometer hoge wolkenkrabber te bouwen, of daken met megaoverspanningen omdat we ons er zeer van bewust zijn dat bij het concentreren op dergelijke onderwerpen en enkelvoudige aspecten uit de totale Gordiaanse knoop van de bouwopdracht, er zeer grote kansen zijn op een disbalans. Architectuur is een toegepaste kunst en daarenboven een zeer kostbare affaire voor de maatschappij, waarmee we als architecten zeer gewetensvol moeten omgaan. Onze tijd vraagt om ontwerpen in uitgewerkte en evenwichtige oplossingen met vele aanpassingen en verfijningen, maar het heeft des te meer elan en esprit nodig.



FIG. 81 De kabelnetdaken van het grote Olympisch stadion van München (arch. Günther Behnisch en Frei Otto)



06 PARTIËLE ONTWERPMETHODEN

Ontwerpmethoden zijn planningsinstrumenten voor ontwerpprocessen. Het zijn als het ware de navigatiemiddelen waarmee een ingezette koers kan worden aangehouden. Methodologie is het wetenschapsgebied van methoden. De methodiek van een vakgebied is het geheel van regels en methoden dat in een vakgebied wordt toegepast door een enkele professional of een groep van professionals. Een methode is een vaste, weldoordachte algemene wijze van handelen om zekere doelen te bereiken, een systematiek van werken. Omdat het ontwerpen individueel gebeurt, kunnen de methodieken op een hoger niveau slechts verzamelingen van overeenkomstige individuele methoden zijn.

Een wijze van handelen kan eenmalig, onverwacht of incidenteel en zonder precedentwerking tot stand gekomen zijn, maar wel door gericht na te denken. De gevolgde wijze van handelen in het ontwikkelingsproces kan daarentegen ook zeer methodisch zijn als een recept waarvan men al vele malen heeft ervaren dat het op een efficiënte wijze tot een doelmatig resultaat leidt. Elk weldenkend mens probeert de energie benodigd voor herhalend voorkomende activiteiten, te minimaliseren. Elk mens heeft handswijzen die het doelbewust nadenken bij elke deelactiviteit vergemakkelijkt tot een onderbewuste begeleiding die weinig energie vraagt. Het begrip 'luiheid' is daar een extreem voorbeeld van, althans als het doordachte luiheid betreft. Voor bouwkundig ingenieurs die steeds andere problemen moet oplossen, of andere combinaties en die dat doen met steeds andere spelers en spelomgevingen, is luiheid een luxe die zij zich niet kunnen veroorloven. Maar efficiency gaat op voor het privé leven zowel als het professionele leven. Alleen in het methodische geval zal er een vast patroon aan ten grondslag liggen.

Zelf gebruik ik vaak een tweetal methoden in het bijzonder tijdens het brainstormen: 'Terug naar de principes' en de 'Morfologische kaart', die een goed overzicht kunnen geven van mogelijkheden waar je zo in eerste instantie niet aan denkt. Daarnaast organiseer ik mijn projecten vaak aan de hand van een Organogram.



FIG. 82 Glazen akoestische binnenruimte opgehangen in de Nieuwe Kerk aan het Spui, Den Haag [arch. Cees Spanjers, akoestisch adviseur Rob Metkermeijer]

Tijdens een ontwerpproces kan een patstelling vaak worden doorbroken door ondanks alle bijkomende zaken zuiver naar de kern te kijken. Dat betekent vaak teruggaan naar de principes.

In Den Haag is de Nieuwe Kerk aan het Spui niet meer in gebruik in de religieuze functie waarvoor deze in 1657 was gebouwd. Het is een van de oudste Nederlands Hervormde kerken, waarbij de preekstoel centraal hangt en de gelovigen allen op hoorafstand zaten. De traditionele gezangen werden begeleid door het imposante orgel. Het Muziekcentrum beheert nu de Nieuwe Kerk. Doel van het ruimtegebruik werd kleinschalige muziekuitvoeringen, kamermuziek alsmede congressen en dergelijke bijeenkomsten. De akoestiek van de kerk leent zich uitstekend voor meerstemmig gezang en orgelmuziek. Voor kamermuziek is de kerk eenvoudig te groot: de echotijden lopen op tot 5 seconden vanwege de lange afstanden van het indirecte geluid. Derhalve werd de hulp ingeroepen van Rob Metkemeijer van Peutz Associates. Hij stelde voor een kleinere stulp in de grote ruimte te hangen. Bij het ontwerpen van die hangende glazen stulp in de vorm van akoestische plafonds en wandschermen van glas en hout filosofeerden architect Kees Spanjers en ikzelf als constructief ontwerper over de mogelijkheden. De 17^e eeuwse kerk is ongeveer 17 m hoog met een houten kap van 7 m hoog, dus 24 m hoogte in totaal. De wandschermen zouden worden gehangen van 3 m hoogte (zodat men er onderdoor kan lopen) tot 10 m hoogte en de plafonds hangen op ongeveer op 10 m hoogte. Ten behoeve van het spelen van orgelconcerten moest het orgel in zijn volle glorie gebruikt kunnen worden. Dus minimaal één kopwand moest vertikaal kunnen worden opgetrokken tot 17 m + bovenzijde.

In de voorgaande ontwerpfase waren we er steeds vanuit gegaan dat dit wandscherm, 3.000 kg wegend, aan de bestaande kapconstructie moest kunnen worden gehangen. Dat er op de houten zolderconstructie boven de kerkruimte twee hijslieren moesten kunnen worden aangebracht. Het hijsen zou het hangen alleen maar moeilijker maken. Het liftinstituut zou toestemming moeten geven op eisen die veel zwaarder zijn dan eisen voor statische daken en wanden. Daarmee zou de prijs van het hijsen ook astronomisch worden, nog afgezien van de vraag of de zoldervloer dat kon dragen. Daartoe moest de bestaande constructie worden herberekend. Die herberekening leverde een twijfelachtig resultaat op. Derhalve zijn we op dit pad niet verder gegaan. We zochten naar alternatieve scenario's om de wanden te bewegen, waarbij de principes van het bewegen van ramen op tafel kwamen. We gingen terug naar de principes. Op dezelfde principes moest ook de hangende wand als het ware als een zwaar glaspaneel bewogen kunnen worden: volgens het principe van schuiven, draaien en taatsen en dan ook horizontaal of verticaal. Meer mogelijkheden zijn er niet. Dus moest de oplossing worden gezocht in:

- Schuiven in X-, Y- of Z-richting;
- Draaien in X-, Y- of Z-richting, resp;
- Taatsen in X-, Y- of Z-richting.

Het was duidelijk dat schuiven enkele of dubbele belastingen op de gebouwconstructie zou veroorzaken; dat draaien grote extra momenten zou veroorzaken en dat taatsen in de toestand van evenwicht in feite het minste of weinig energie kost om te bewegen. Maar wel weer veel ruimte. De definitieve uitvoering van het ontwerp is op het moment van het schrijven van dit boek [zomer 2013] gekozen als horizontaal uit elkaar schuiven als twee helften onder een lange rail die op zich weer aan de reeds aanwezige tuiconstructie is gehangen. De wand is als het ware in twee helften gesplitst en naar beide zijden uitschuifbaar. Zodat er geen al te grote extra krachten zouden gaan ontstaan op de bovenconstructie bestaande uit twee stalen bogen die als werkelijk 'flying butresses' of vliegende bogen overspannen van de ene helft van de stenen muren van de kerk ter linker zijde van het orgel naar die van de overzijde van de tegenoverliggende muur. Om even terug te gaan naar de principes werkte zeer verhelderend voor het analyseproces van het concept van de beweging van de glazen wanden. Daardoor kwam er nieuwe energie in het denken over alternatieven.

06.02

MORFOLOGISCHE KAART

In de synthesefase moeten vaak deeloplossingen enkelvoudig met elkaar worden gecombineerd. Om dit grafisch te maken kan de methode van de morfologische kaart worden gebruikt, waarbij op elk van de twee assen de verschillende te combineren deeloplossingen zijn weergegeven. Ten tijde van het schrijven van mijn dissertatie 'Architecture in Space Structures' ontstond er een morfologische kaart met negen verschillende hoofdtypen ruimtelijke constructies. Die negen hoofdtypen waren te beschouwen als deeloplossingen. Door ze elk met een andere oplossing te kruisen, ontstaat er een overzicht van bekende en onbekende, nog nooit geprobeerde combinaties van twee van die hoofdtypen. Bij het tekenen van de kaart bleek dat er een aantal combinaties nog nooit ter wereld gemaakt waren. Een dergelijk ontdekking kan men doen door op een plat vlak van 2 assen verschillende deeloplossingen met elkaar te kruisen. Dat kan uiteraard ook nog in meer dimensies, door deeloplossingen meerdere malen met elkaar te combineren. Dat laat ik even voor uw eigen fantasie en experiment.

06.03

CONCEPTMATRIX

Voor de vijf categorieën van nieuwe, uitgebreide, complexe, experimentele en snelle ontwerpopgaven is eenzelfde houding geboden van voorzichtig en gedegen te werk te gaan. Het zijn wellicht dan ook deze twee termen 'voorzichtig' en 'gedegen' waardoor intuïtieve ontwerpers denken beroofd te worden van hun spontaniteit en creativiteit.

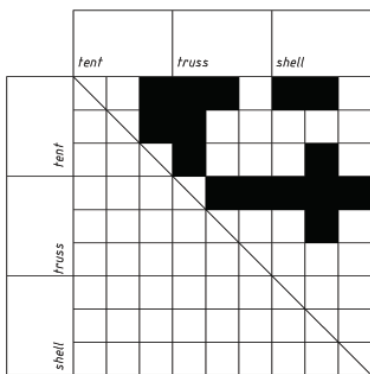


FIG. 83 Morfologische kaart

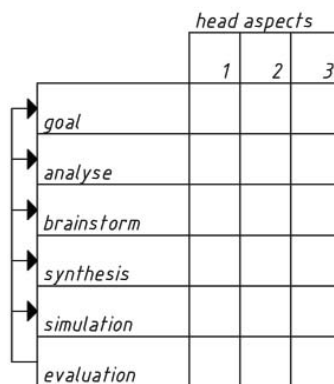


FIG. 84 Concept matrix met verschillende hoofdaspecten van een ontwerp van een opgave die de moeite waard zijn separaat bestudeerd en ontwikkeld te worden

Van het ontwerpproces kan een globale 2D procesmatrix voor de conceptfase worden opgezet waarbij op de verticale as de logische activiteitenclustering kan worden opgezet en op de horizontale as de verschillende hoofdaspecten die bestudeerd dienen te worden. In de procesvoering van het conceptontwerp zijn er hoofdaspecten te onderscheiden, die min of meer autonoom te bestuderen zijn. Nadat uit deze studies de verschillende deeloplossingen zijn gekomen moeten deze gecombineerd worden tot een totale oplossing. Dat is vaak de kern van elk ontwerpproces: het combineren van de deeloplossingen van hoofdaspecten. Sommige van die combinaties zullen onmogelijk zijn, andere zijn nog nooit bedacht of gevaarlijk om te combineren. Wellicht ontstaan er combinaties die direct passen of als andere mogelijkheid, die nog niet helemaal passen en daarom nog een wasbeurt om nog een keer door het gehele proces te gaan, moeten doorstaan, om beter in elkaar te passen.

Vanuit het procesdenken kent elk ontwerpproces of deelontwerpproces een zinvolle indeling in een aantal globale stappen. Die stappen blijken overigens niet alleen in het bouwtechnisch ontwerpen te gelden, ook voor het architectonisch ontwerpen gelden ze en in andere ontwerpende en construerende ingenieurswetenschappen zoals scheepsbouw, vliegtuigbouw, civiele techniek of industrieel ontwerpen zijn ze herkenbaar. Als referentie gelden de twee congressen die ik heb georganiseerd in 2005 en 2007 onder de titel 'Delft Science in Design 1 / 2' [zie biografie pag. 261] waarin steeds een aantal collega hoogleraren van verschillende ontwerpende technische disciplines aan de TU hun kijk op ontwerpmethodieken en voorbeeldvoeringen gaven. Ook in de literatuur komt men deze volgorde, soms onder iets andere bewoordingen vaak tegen.

Elk van die zeven stappen zijn op zich weer als clusters van verschillende activiteiten te zien.

Doel;

Analyse;

Brianstorm;

Synthese;

Simulatie;

Evaluatie;

Iteratie.

De stap 'Doel' bevat alle overwegingen en werkzaamheden voor een efficiënte start, begeleiding en controle van het gehele ontwerpproces.

Onder 'Analyse' worden alle werkzaamheden begrepen die het probleem beschrijven in zijn geheel en daarna in onderdelen.

Onder 'Synthese' worden de werkzaamheden begrepen die te maken hebben met het genereren van oplossingen voor deelproblemen na spontane 'brainstorms' en verstandelijke redeneringen.

Onder 'Simulatie' wordt verstaan het weergeven van het ontwerp in geheel en onderdelen, geschetst of getekend op papier, getekend op beeldschermen en geprint op papier, gemodelleerd in schaalmaterialen of echte materialen en in het laatste geval het testen van de performance.

De 'Evaluatie' is de beoordeling van het ontwerpresultaat van de simulatie.

De 'Iteratie' is de terugkoppeling van het tussentijdse of eindresultaat van het ontwerpproces naar een vorige stap. Deze terugkoppeling is een zeer karakteristieke eigenschap van het ontwerpproces, waarbij de onoverzichtelijkheid van de complexiteit in een aantal pogingen om tot een goed ontwerpresultaat te komen, moet worden overwonnen.

Speciale aandacht verdient de eerste stap 'Doel'. De start van een ontwerpproces is op zich uiterst belangrijk om niet in een moeras van tegenstrijdige en verwarrende eisen en wensen terecht te komen. We komen het steeds vaker tegen dat een opdrachtgever onvoldoende inzicht heeft in de lijst van eisen en wensen, zodat het ontwerpen van start moet gaan tegelijkertijd met het formeren van van de lijst van eisen en wensen. Met een enorme verwarring en cyclische bewegingen in het proces ten gevolge. Weg efficiency. In de kop van het ontwerpproces, en wat mij betreft van elk wordingsproces van menselijke activiteiten, behoren de volgende activiteiten omschreven en beantwoord te worden voordat het eigenlijke ontwerpen van start kan gaan:

Doelstelling;

Strategie;

Evaluatiecriteria;

Financiële middelen.

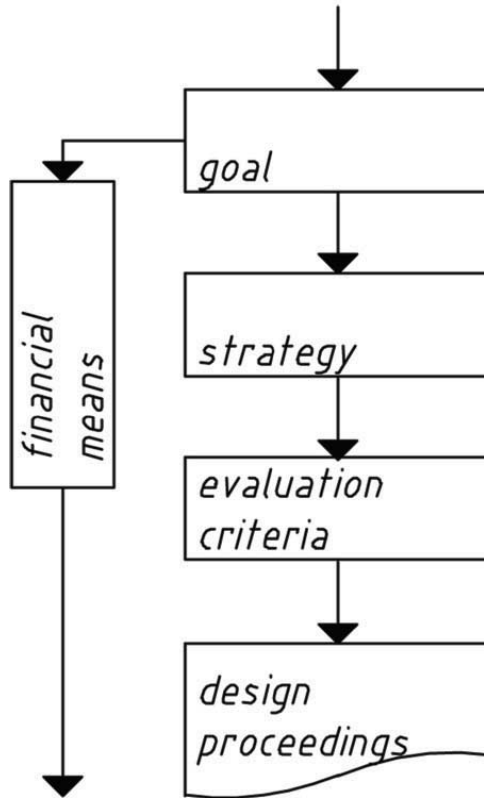


FIG. 85 De belangrijkste activiteiten bij elke opgave: Doelstelling, Strategie, Evaluatiecriteria en Financiële middelen om vast te leggen alvorens met het ontwerp zelf te beginnen

Pas als deze activiteiten voldoende zijn omschreven is de richting ingezet en kan het eigenlijke ontwerpproces op een efficiënte wijze van start. Het mankeren van een van de vier antwoorden zal leiden tot resp. doelloosheid, zwabberen en zoeken, financieel traineren of voortijdig stoppen en zelfbedrog tijdens presentaties doordat wellicht een prachtig ontwerp voor een verkeerd gestelde opgave moet worden rechtgepraat. Deze vier onderwerpen moeten bij elke start van een project worden beantwoord: of het onderwerp het maken van een materieel ruimtelijk ontwerp, het schrijven van een artikel of boek of een consensusvergadering is. Ook als studenten een ontwerp als prototype willen bouwen geldt deze sequentie van activiteiten. Bij een herhaling van de ontwerppogave wordt vervolgens weer geput uit de ervaringen van de voorgaande opgaven en kan het denkproces dus veel sneller gaan. Routine kan een deel van een cognitief ontwerpproces vervangen door direct naar de beste resultaten te wijzen, die vervolgens op de gewijzigde omstandigheden van het herhalende project moeten worden gewogen. Bij complexiteit en bij experimenten moet voorzichtig, koelbloedig en methodisch te werk gegaan worden.

Inhoudelijk zijn in de procesmatrix de volgende hoofdaspecten te beschouwen die na of naast elkaar kunnen worden behandeld, maar niet achterstevoren en die een trage of frequente onderlinge beïnvloeding kennen:

- Omgeving;
- Functie;
- Ruimte & Vorm;
- Structuur, Techniek, Materiaal & Details;
- Economie.

In de 'Omgeving' komen alle overwegingen aan bod uit het hogere schaalniveau: Overwegingen betreffende ruimtelijke ordening en de politiek voor de stedenbouw, stedenbouwkundige overwegingen voor een gebouw en architectonische overwegingen voor een bouwcomponent.

In de 'Functie' komen overwegingen ter tafel betreffende de functionele analyse, beginnend met een programma van eisen, de vaststelling van de hoofd- en deelfuncties van het te maken ontwerp en haar onderdelen en de relatie van de functies tot elkaar.

Daarna volgt voor gebouwen onder 'Ruimte' de ruimtelijke analyse, de vastlegging van de individuele ruimten en de relaties, nabijheden of schakelingen van de ruimten onderling. Onder 'Vorm' volgt voor gebouwen de materiële vorm van de omhulling en de ondersteuning van de omhulling. Bij componenten is ruimte niet een item op zichzelf, maar wordt begrepen onder vorm.

Onder 'Structuur' wordt verstaan de ordening in het ontwerp: het stedenbouwkundig plan, het gebouw respectievelijk de bouwcomponenten. De structuur varieert van immaterieel of abstract naar zeer materieel of concreet tussen de genoemde macro-, meso- en microniveaus. De structuur in het stedenbouwkundig plan kandoor middel van een groot aantal middelen expliciet worden gemaakt: verkeerswegen, waterwegen, open vlakten, bebouwingen, groenstroken en dergelijke. De structuur van een gebouw wordt bepaald door de schakeling van ruimten, door de onderverdeling in de ruimte middels bijvoorbeeld kolommen en door de hoofddragconstructie van het gebouw als het een skelet betreft. De structuur van componenten bestaat gewoonlijk uit dragende en scheidende onderdelen.

Onder 'Techniek' wordt verstaan de mechanische, constructieve, materiaalkundige, installatie- en productietechnische aspecten van het ontwerpproces. De keuze van het type techniek is afhankelijk van het onderwerp.

Onder 'Materiaal' wordt verstaan de keuze van de materialen voor de diverse onderdelen van het stedenbouwkundig plan, het gebouw of de componenten, gewoonlijk een multi-materieel resultaat als combinatie van technische overwegingen gezien de grote diversiteit van functies van de verschillende onderdelen van het ontwerp en van visuele of filosofische overwegingen zoals een gewenste uitstraling.

Onder 'Details' wordt verstaan de uitwerking van het geheel in onderdelen en de aansluiting van de [gelijksoortige en ongelijksoortige] onderdelen op elkaar.

Ruimte & Vorm worden gewoonlijk hecht ontwikkeld in een sterke reciproque relatie, evenals Structuur, Materiaal, Techniek & Detail.

Onder 'Economie' worden de financiële gevolgen van het ontwerp verstaan. Economie is het resultaat van het ontwerp en productieproces. In veel processen wordt de economie als doel voorop gesteld. In deze wisselwerking ontstaan veel verwarringen en discussies tussen ontwerpers en hun opdrachtgevers.

De hier omschreven procesmatrix is te beschouwen als een persoonlijke poging om het ontwerpproces te structureren en daardoor systematisch en methodisch te kunnen werken. Voor studenten leidt een leerproces dat systematisch is opgezet tot het sneller verkrijgen van kunde en inzicht. Bij bekende [routinematige] opgaven wordt in de latere fase van de studie of in het professionele ontwerpersleven de onderbewuste ontwerpervaring geactiveerd om sneller tot een ontwerp te komen.

06.04

WENSELIJK, MOGELIJK & ONWAARSCHIJNLIJK

Emeritus Prof. Dr. Ir. Taeke de Jong spreekt in publicaties vanuit zijn leerstoel Technische Ecologie & Milieuplanning in verband met ontwerpen en onderzoeken over verschillende 'toekomst', aangeduid met de begrippen:

- Wenselijk;
- Onwaarschijnlijk;
- Mogelijk.

Hij geeft daarbij het nevenstaande schema over de relaties tussen deze drie 'toekomst' en illustreert deze als volgt: "De verzameling waarschijnlijke toekomst kan niet buiten de verzameling mogelijke toekomst treden, ook al gaan de prognoses jaar na jaar op drift. Onze mogelijkheden zijn overigens evenmin constant: ze worden dagelijks kleiner door ecologische uitputting. Tussen beide in en deels buiten het mogelijke [1, fictie] ligt de verzameling wenselijke toekomst. Sommige van hen zijn waarschijnlijk [2], de meeste niet [3]. Een deel van de waarschijnlijke toekomst is niet wenselijk [4]. Er zijn voorts tal van ecotechnische mogelijkheden die [nog] niet waarschijnlijk en wenselijk zijn [5]. Deze categorie onwaarschijnlijke toekomst kunnen wij niet voorspellen, wij moeten ze ontwerpen. Op deze categorie zal ik in het bijzonder de nadruk leggen, omdat de waarschijnlijke toekomst uit het oogpunt van milieu uiterst somber zijn. Onze belangrijkste hoop is gelegen in de onwaarschijnlijke, maar wel mogelijke toekomst'.

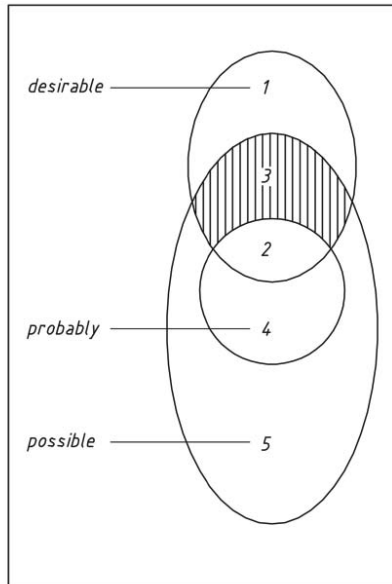


FIG. 86 En ontwerper zoekt naar een gewenste, mogelijke meer tevens onwaarschijnlijke toekomst of ontwerp [prof.dr. Taeke de Jong]

Als inzichtgevend model begint deze driedeling door steeds meer wetenschappelijk ontwerpers gebruikt te worden in diverse bewerkingen van de Jong [Ref. 23]:

- Willen, voorspellen en ontwerpen;
- Doelstelling, probleemstelling en middelen;
- Political, scientific and technical.

06.05 VISUALISATIE

Communicatie speelt in het bouwproces een grote rol. In de samenleving moet voor het stimuleren van samenwerkingen, tussen personen gecommuniceerd en informatie uitgewisseld worden. Zelfs gedachten en denkmethoden moeten dan publiek gemaakt of weergegeven kunnen worden. Dat is moeilijker indien de materie zeer complex en veelomvattend is; het wordt gemakkelijker bij meer beperkte opgaven. In de techniek zijn gemakkelijker deelproblemen te isoleren en daarom in alle afzondering te onderzoeken. Op de overgang tussen techniek en filosofie en cultuur, waarop het vakgebied van de architectuur zich bevindt, is de isolatie van een deelaspect vaker een hachelijke zaak, omdat met het bepalen van de begrenzingen vaak ook heel zinvolle wederzijdse en synergetische invloeden weg vallen. Gevolg is dat deelaspecten nooit geheel afzonderlijk bekeken kunnen worden maar dat de interrelaties tussen deelaspecten heel goed moeten

worden beschouwd. De totale synthese van een probleem is niet zonder meer een optelling van deelsyntheses. De kunst van het afzonderen ligt in het aansluiten. Zodra bouwkundig ontwerpers beseffen dat zij ontwerpen van complexiteiten zijn en zich daartoe ook passende hulpmiddelen verschaffen, zijn we al een stap verder. Maar tussen denkmethoden en gemeenschappelijke inspanning ligt de communicatie, die de deelgenoten van het proces moet overtuigen van de juistheid van het denkwerk. Die communicatie kan verbaal zijn, schriftelijk, getekend (2D of 3D) of gemodelleerd zijn in een immateriële vorm (beeldscherm: 2D, 2,5D of 3D) of in een vaste vorm (model, prototype, 3D). Het gebruikte communicatiemiddel wordt gewoonlijk en bij voorkeur gekozen op haar doeltreffendheid in de betreffende omstandigheid: er zijn tal van visualisatiemiddelen. Tekenen is er één van. Tekenen moet niet verward worden met ontwerpen. Tekenen is de 'sparring partner' van het denken.

Ontwerpen is een voortdurende wisselwerking tussen gedachten in het hoofd, manuele pogingen deze te visualiseren in schrift en beeld en auditieve communicatie met terugkoppelingen daarna. Ontwerpen is een iteratief proces tussen denkende hersens, visualiserende handen en het dromende hart.

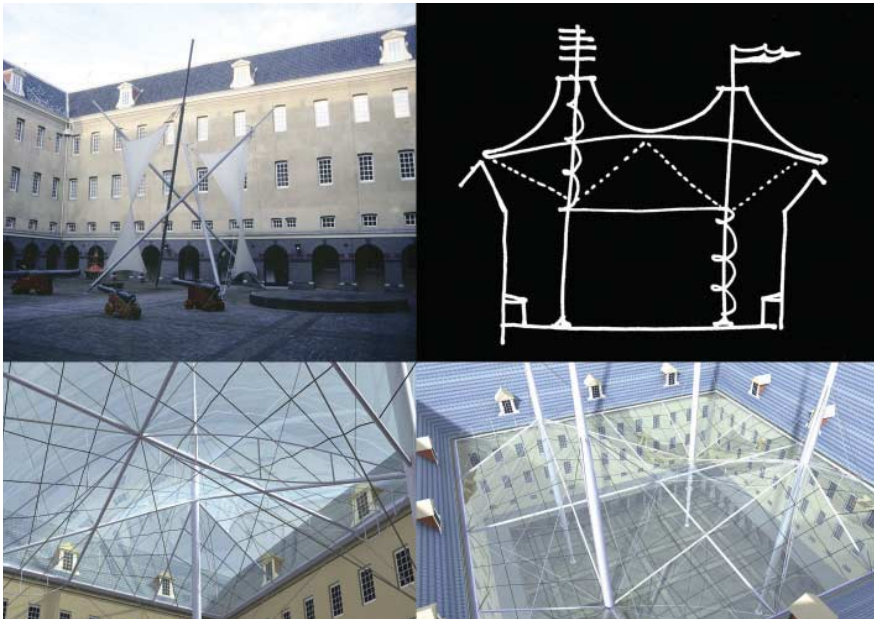


FIG. 87 Linksboven: Scheepvaartmuseum, Amsterdam en de tensegrity sculptuur van Krijn Giezen en Mick Eekhout die er decennia heeft gestaan, om plaats te maken voor een overdekking, waarvan het ontwerpvoorstel van Mick Eekhout (niet gerealiseerd) rechts en onder getoond wordt

07 TOTALE ONTWERPMETHODEN

In mijn dissertatie [Ref. 28] en de monografie POPO [Ref. 10] is het Organogram voor Productontwikkeling beschreven voor standaardproducten. In het Organogram wordt in sequentiële en parallelle activiteiten met terugkoppelingen in grote lijnen een ontwerp- en ontwikkelproces beschreven voor een nieuw bouwproduct, compleet met de benodigde marketingfasen. Gezien de ontwerpresultaten zijn studenten er nog meer bij gebaat deze en andere methoden reeds bij de aanvang van hun opleiding gedoceerd te krijgen. Het hanteren van ontwerpmethoden moet dus, voor zover zij in de basisjaren ontbreekt, indalen tot in die basisopleiding. Niet alleen studenten moeten onderwezen worden, maar ook de docenten moeten zich daarvan bewust worden, zodat zij hun individuele ontwerpmethoden vanuit hun onderbewustzijn weer expliciet maken en daarna over kunnen dragen aan studenten. Er zijn in wezen drie typen bouwproducten te noemen die zich van elkaar onderscheiden door de invloed van het project of de consument/projectarchitect versus die van het product of de producent. In dat spanningsveld zijn er: speciaal-, systeem- en standaardproducten. Geredeneerd vanuit de projectarchitect die vroeger zelf alle samenstellende onderdelen van zijn gebouw placht uit te tekenen is dit [extreem gesteld] de volgorde van 100 tot 0% invloed. Gezien vanuit de producerende bedrijven [glasproductiebedrijven die ook voor de automobiellindustrie werken] is de preferente volgorde met de tussenliggende overgangsvormen van producten [waarvan de eigenschappen ook tussen de drie hoofdlijnen in liggen] natuurlijk andersom:

- Standaardproduct
 - gesystematiseerd standaardproduct
 - gestandaardiseerd systeemproduct
- Systeemproduct
 - speciaal systeemproduct
 - gesystematiseerd speciaalproduct
- Speciaalproduct

Ze geven voor de producent het afglijden weer van grootschalige massaproductie naar kleinschalige werkplaatsproducties. Gezien de normaliter betrekkelijk kleine seriegrootte in de bouw is een veel gebruikt tussenstation dat van de systeemproducten, die als grootste gemene delers inzetbaar zijn bij meerdere projecten en die met relatief weinig moeite voor individuele projecten geschikt gemaakt kunnen worden in de productie. De drie hoofdtypen producten hebben voldoende verschillende eigenschappen om ze alle afzonderlijk onder de loep te nemen en ook om in elk der drie gevallen een andere ontwikkelingsprocesstrategie te volgen.

Hoewel de hierna getoonde procesorganisaties zeer analytisch zijn, ligt er ook een holistische visie aan ten grondslag. Vanuit het holisme is het geheel altijd weerspiegeld in de delen. Hiermee worden niet de aansluitingen der delen bedoeld, maar het karakter van het geheel. Met name geldt die invloed sterk in de synthetiserende activiteiten zoals de ontwerpsynthese van fase 1 en de researchactiviteiten van fase 3, die daardoor altijd de garantie van inpassing in het geheel blijven dragen.

07.01 ORGANOGRAM STANDAARDPRODUCTEN

Als werkmethode om het totale proces te beheersen wordt het Organogram voor standaardproducten geïllustreerd, dat het gehele proces in stappen en activiteiten beschrijft vanaf het initiatief tot aan de daadwerkelijke reguliere productie. Het Organogram is een neerslag van de volgorde van procesactiviteiten zoals ik die vanuit het ontwerpen en ontwikkelen in mijn bedrijf Octatube als een goed lopend proces heb ervaren, die echter op een generaliserende wijze zijn beschreven om een meer algemene geldigheid te verkrijgen. De volgorde van de diverse stappen of activiteiten is serieel [achter elkaar] of parallel [naast elkaar]. De specifieke projectomstandigheden, zoals de invulling van het betreffende ontwikkelingsproject, de capaciteiten en inzichten van de deelnemers aan het proces, de tijdsdruk van buiten en dergelijke, zorgen steeds weer voor een andere interpretatie van het Organogram tot een specifiek projectorganogram. Maar dat verandert niets aan de geldigheid van het Organogram als algemene productontwikkelingsmethode. Bepaalde volgorden zijn heel bewust in de weergegeven volgorde geplaatst, zoals eerst Doel en Strategie, daarna Evaluatiecriteria en dan pas aan het werk met de Analyse, Brainstorm en Synthese van deelaspecten, vervolgens het totale productconcept en daarachter de evaluatie-activiteiten. Het betreft eigenlijk de sequentie van vier clusters of activiteitenblokken:

- Doel;
- Analyse en synthese van aspecten;
- Clustering tot productconcept;
- Evaluatie en haalbaarheid.

De volgorde van deze vier blokken kan niet worden gewijzigd maar binnen de blokken is meer vrijheid: de deelaspecten kunnen serieel of parallel worden doorlopen, afhankelijk van het onderwerp. Serieel werken betekent kunnen concentreren op één enkel probleem tegelijk, terwijl parallel werken het door elkaar schuiven van informatie in één hoofd betekent, of het gelijk opwerken van meerdere deelgroepen van procesdeelnemers. De prijs van parallel werken is een hogere complexiteit in een gestructureerde chaos met inherent kostenverlies. Het voordeel is frequenter terugkoppelen en sneller resultaat. Parallel werken is feller en duurder, maar korter. Niet meer afwachten, maar anticiperen. De toenemende vraag naar parallel werken komt tot uitdrukking in het begrip 'concurrent

engineering'. We zullen er mee rekening moeten houden dat opdrachtgevers ontwerp- en bouwprocessen steeds sneller willen doorlopen. Een van de activiteiten die zich nauwelijks laten inkorten is het vergunningstraject. In de post-2008 periode zal dat bureaucratische traject ook dramatisch moeten worden ingekort, maar dat hoort verder in dit boek niet thuis. In het balkenschema van het totale bouwproces van voorbereiding en uitvoering zijn de balken van de vergunningsprocedures bijna niet te veranderen in lengte. Hoe langer de vergunningsbalken worden, des te minder tijd er over blijft voor ontwerpen en bouwen. In de toekomst zal het bouwproces steeds korter worden. Concurrent of gelijktijdig werken met alle behendigheden van dien om zo weinig mogelijk activiteiten dubbel te doen, zal moeten behoren tot de intellectuele bagage van de ingenieur.

Deze meest op de industriële markt en op een industriële wijze van vervaardiging gerichte type standaardproducten zijn in het allereerste Organogram [1,2] beschreven. Ze onderscheiden zich van de project en systeemproducten doordat de projectarchitect [praktisch] geen invloed heeft op het ontstaan van deze producten, op hun productiewijze en dus op het resulterend product. Hij kan slechts kiezen: een bepaald product wel dan niet toepassen. Soms kunnen er ondergeschikte ingrepen in het product toch nog per product plaatsvinden, zoals het klissen van bakstenen, het passend snijden van tegels of glasplaten, maar dat is geen invloed die betrekking heeft op de aard of de productie wijze van het ontwerp. Het organogram voor standaardproducten is opgebouwd in vijf karakteristieke fasen:

- 1 Ontwerpconcept;
- 2 Voorlopige Marketing;
- 3 Prototypen Ontwikkeling;
- 4 Definitieve Marketing;
- 5 Productfabricage.

07.02 ORGANOGRAM SYSTEEMPRODUCTEN

Systeemproducten zijn opgezet om te kunnen worden toegepast in meerdere projecten en daarbij steeds in een iets andere vorm door het anders invullen van bepaalde parameters. Als systeem moet het dus bepaalde eigenschappen bezitten om als goed product erkend te worden, in de open variaties, in te vullen per project en/of projectarchitect. Er moet voldoende vrijheid aanwezig zijn om elke individuele invulling een zekere mate van eigenheid, of projectkleur te geven. Dit is dus de eerste betekenis van het woord 'systeem'. De tweede betekenis komt uit de industriële productiehoek [werktuigbouwkunde] die een product al snel een systeem noemt wanneer het uit verschillende onderdelen is opgebouwd, en wel onderdelen met verschillende functie in het geheel. Door de schaalgrootte van de bouw zijn dus in dat opzicht alle producten welhaast systemen. We schieten er in termen van onderscheid weinig mee op. Het is duidelijk dat we in het productontwikkelingsproces van bouwsystemen praten over twee verschillende niveaus:

- Systeemniveau;
- Toepassingsniveau.

De afzonderlijke fasen zijn ondergebracht in de twee niveaus van systeem en toepassing:

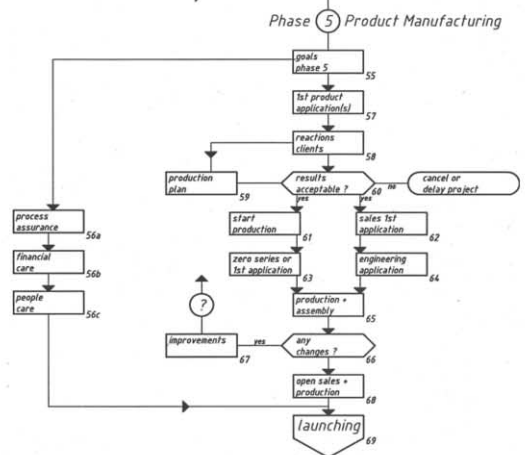
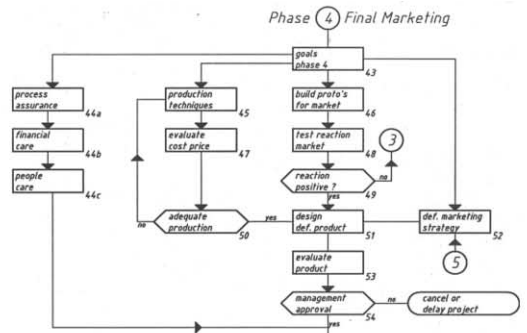
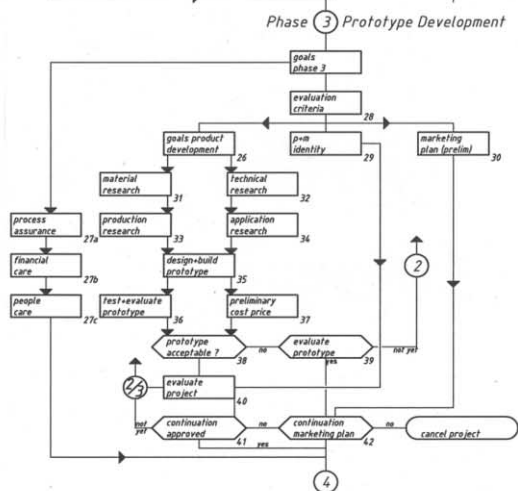
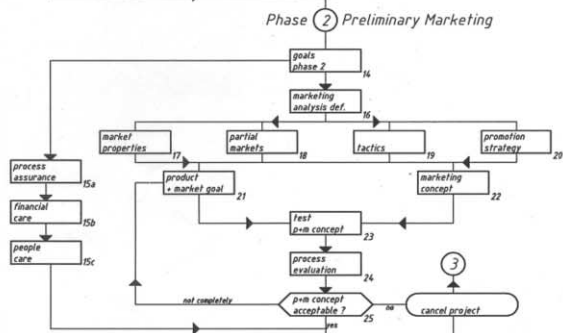
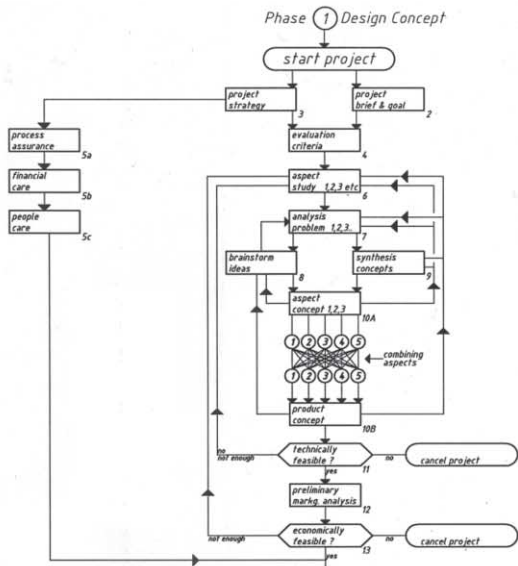
- 1 Systeem Concept:
- 2 Voorlopige Marketing: Systeemniveau
- 3 Prototype Ontwikkeling:
- 4 Project Concept:
- 5 Project Prototype: Toepassingsniveau
- 6 Product Fabricage

In feite wordt in de vierde fase de klant en zijn eisen vastgelegd en wordt in de vijfde fase het prototype op het specifieke project toegesneden.

07.03 ORGANOGRAM SPECIAALPRODUCTEN

Speciaal- of projectproducten zijn unieke producten, speciaal ontworpen, ontwikkeld en geproduceerd voor een specifiek gebouw of project. Ze worden ook wel bouwcomponenten of speciale componenten genoemd. Omdat op een directe vraag van de projectarchitect, gezien de totaliteit van het gebouwconcept, het feitelijk programma van eisen en wensen heel duidelijk vast ligt, en indien er behoefte bestaat aanwijziging, dit ook snel in een discussie kan gebeuren, is in dit proces geen marketingactiviteit opgenomen. Voor de productarchitect vertegenwoordigt de projectarchitect immers de markt. (Voor de projectarchitect is de opdrachtgever de markt). De drie typische fasen van het ontwikkelingsproces voor projectproducten worden dus als volgt benoemd:

- Ontwerpconcept;
- Prototypeontwikkeling;
- Productfabricage.



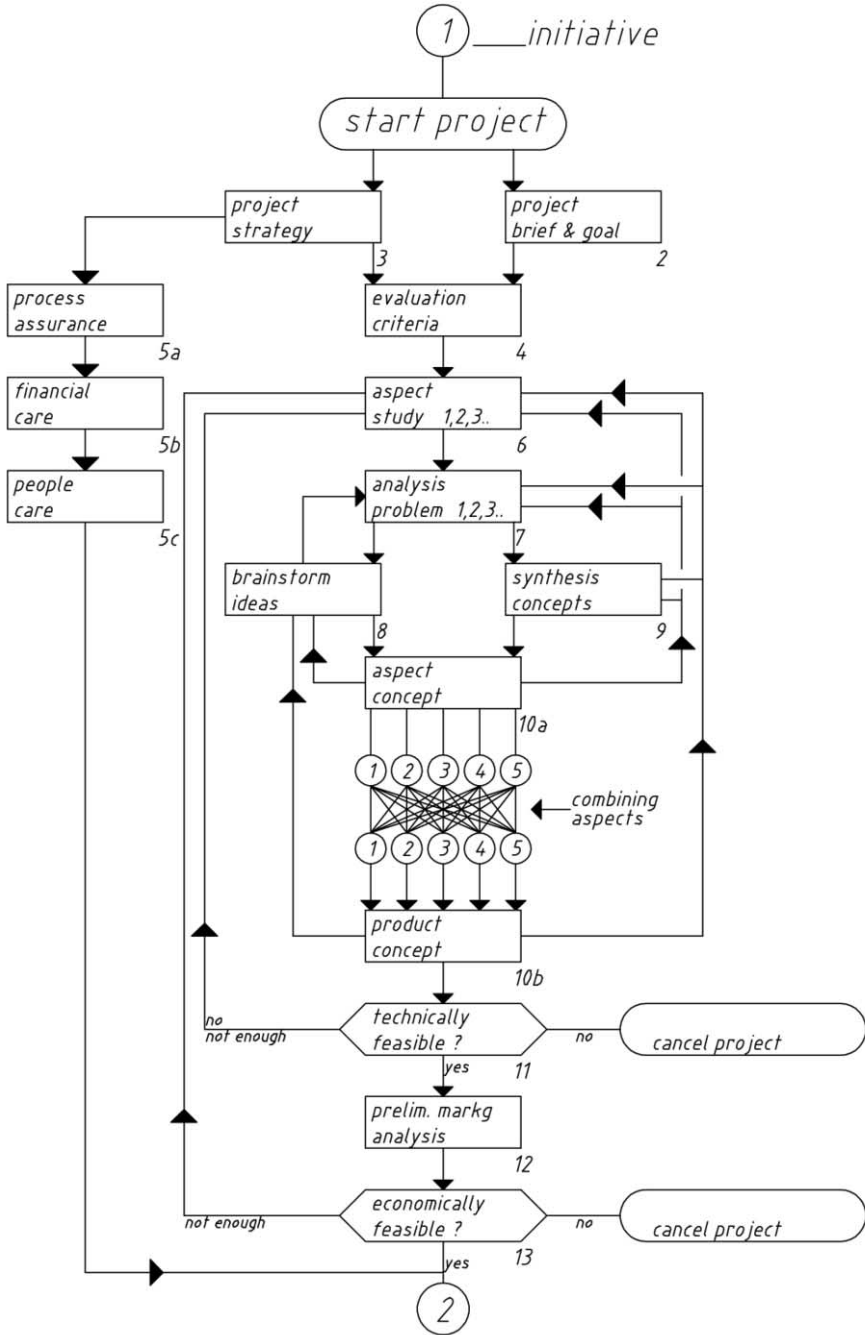


FIG. 88 Fase 1 van het Organogram voor standaardproducten: alle activiteiten van de Concept Ontwerpfase

08 STANDAARD PRODUCT

Dit hoofdstuk behandelt een gemiddeld Organogram voor standaardbouwproducten, op een algemene wijze geschreven, zodat dit ook gelezen kan worden als een algemene uitleg bij activiteiten met identieke nummers die in de twee hoofdstukken 9 en 10 over respectievelijk systeemproducten en speciaalproducten gaan, herkenbaar zullen zijn. Enerzijds is het een algemene handleiding, anderzijds een handleiding voor studenten die een component ontwerpen en daarvan een prototype maken.

08.01 EERSTE FASE: ONTWERPCONCEPT

De eerste fase van het Organogram is getiteld 'Ontwerpconcept', en is te vergelijken met een Voorlopig Ontwerp [VO] bij het architectonisch ontwerpen. We zullen eerst globaal de stappen in deze fase verkennen. Met name de kop en de staart van deze fase verdienen allereerst onze aandacht. Het Organogram is erop gebaseerd dat het gehele proces als een 'project' werd gezien. Logisch in de werkzaamheden, maar enigszins verwarrend in verband met de benaming 'projectarchitect' en 'productarchitect'. Daarom kunnen we in het vervolg beter spreken van 'proces' in plaats van 'project', en in die zin hebben we ook het Organogram aangepast. Het is uitermate belangrijk om de start van het proces, de processtrategie, het procesdoel en de evaluatiecriteria goed te definiëren. Vergelijk het belang van een goed programma van eisen bij het architectonisch ontwerpen. Als het programma niet op de werkelijke behoeften is toegesneden, wordt veel energie verspild en worden valse verwachtingen gewekt die alleen maar tot teleurstelling kunnen leiden. Ten eerste is die eerste fase als cluster van stappen belangrijk omdat hieruit de richting wordt bepaald waarin het proces wordt gestuurd en waaruit het product gaat ontstaan. Ten tweede om de verwachting vooraf en de succesmeting naderhand in te bouwen. Als het resultaat van het proces niet voldoet aan de evaluatiecriteria, is het proces niet gelukt, tenzij men halverwege via een geniale omzwenking bewust een andere route heeft genomen. Als dat gebeurt, is het goed om te realiseren dat het oorspronkelijk doel niet wordt gehaald en het doel halverwege [d.w.z. na de geniale inval] bewust en gemotiveerd moet worden bijgesteld. Het is wel vaker in de geschiedenis gebeurd dat zg. toevallige ontdekkingen in een onderzoeksproces leiden tot ingrijpende resultaten op wereldniveau, terwijl van het oorspronkelijke proces alleen nog een anecdotische vermelding overbleef. Het gevaar van 'zwalken' bij productontwikkeling met alle inherente energieverliezen is vele mate groter en frequenter dan de kans op een onbedoeld briljant bijproduct.

Het eind van de eerste fase dient te worden afgesloten met de economische haalbaarheidsstap, die ook als een terugkoppeling kan worden gezien op de evaluatiecriteria. Is deze eerste fase aldus met een positief resultaat afgesloten, dan pas wordt de tweede fase ingegaan.

1: PROCESSTART

De start van het proces wordt gevormd door de opdracht om een bepaald standaardproduct, een materieel of zelfs immaterieel resultaat te ontwikkelen. De motivatie achter die opdracht kan worden gevormd door vragen uit de praktijk (= markt) naar een nog niet bestaand product, of naar een verbetering van een reeds langer bestaand product dat door gewijzigde gebruiksomstandigheden niet meer als een voldoende antwoord op de vraag wordt gezien. Het kan ook zijn dat er een theoretische vraag (bijv. in een academische studie) achter schuilt die als een hypothese wordt gesteld zonder een directe controle op de praktijk. In dat geval moet het proces worden opgevat als een productontwikkelingsspel, waarbij de eindresultaten niet noodzakelijkerwijs realistisch kunnen en behoeven te zijn. Aangezien in het geval van een hypothetisch uitgangspunt het gezonde verstand en inzicht wel, maar persoonlijke praktijkervaringen (kunde) en kennis niet meer voldoende kunnen bijsturen is het absoluut noodzakelijk om het processpel goed te beschrijven en te documenteren, om op dit buitenwereldse niveau koers te kunnen houden. Dat geldt zowel voor de student als de docent. Een goede start is het halve werk. Een valse start wordt meestal laat opgemerkt en betekent verlies aan energie, veel ongenoegen en wrijving. De allereerste vraag die men zich moet stellen bij de start van het proces en de keuze resp. de ontvangst van de productopdracht, is of dit gewenste product wel conform de achterliggende markt vraag is of zal zijn.

2: PROCESDOEL

Daarna wordt eerst het doel van het proces omschreven. Voor een gebouw, dat gewoonlijk een veelvoud aan functies omvat, wordt in een programma van eisen (PvE) beschreven welke functies een gebouw moet hebben. Zo'n programma van eisen is zeer uitgebreid voor een gebouw. Voor de kleinere onderdelen van het gebouw die elk voor zich minder complexe functies hebben, kan het uiteraard heel wat simpeler zijn.

Volgens Roozenburg cs ^[Ref. 8] moet in het PvE in ieder geval vermeld zijn in welke aantallen het product zal moeten worden vervaardigd, wat de prijs zal zijn en voor welke markt het product is bedoeld. Bovendien moet een ontwerp opdracht een productidee bevatten.

Hier behoren we ons af te vragen of het doel of PvE wel zuiver genoeg gesteld is; of er geen inconsequenties zijn ingeslopen, of er geen al te persoonlijk gekleurde visies in verwerkt zijn (d.w.z. hobbyisme) die niet terecht zijn en zouden leiden naar een product dat iemand wel graag zou zien, maar dat geen realistisch antwoord op een vraag uit de markt zou zijn. Dit heeft dus alles te maken met het nu al inschatten van de eigenschappen van het product, ten einde na het ontwikkelingsproces niet opgescheept te worden met een onverkoopbaar product. Die doelstelling kan omschreven en

gecontroleerd worden door bijv. in een kleine kring van professionele vaklieden navraag te doen, of door er een grootschaliger marketingenquête aan te wijden, compleet met evaluatierapporten en een beargumenteerde doelstelling van het product. Aangezien het gevaar van een initiële koersafwijking in het proces, die hier wordt ingezet en later zal moeten worden gecorrigeerd, niet denkbeeldig lijkt, is het uiterst belangrijk een en ander goed te documenteren en uit te werken, zodat naderhand bij een koerswijziging kan worden teruggekoppeld.

3: PROCESSTRATEGIE

Naast de procesdoelstelling is het goed nu al de weg uit te stippelen waar langs dat doel bereikt zou kunnen worden. Het aantal stappen of activiteiten dat achtereenvolgens of simultaan dient te worden doorlopen wordt in dit stadium geschat. Men tast weliswaar over de exacte verloop van het proces in het duister, maar het is goed een totaaloverzicht te maken alvorens aan het eigenlijke werk te gaan. Voor de student die voor het eerst met een dergelijke opzet wordt geconfronteerd, is het goed een eigen procesdiagram op te zetten van vermoede stappen of activiteiten. Wees niet bang dat niet alle stappen vermeld zullen zijn of dat de nadruk bij uitvoering van het proces anders komt te liggen: het procesdiagram kan steeds worden bijgehouden en gewijzigd zodat het dan kan dienen als een naslagwerk van procesbegeleiding. Een tweede keer zal het beslist gemakkelijker zijn. Daarna wordt bijvoorbeeld de standaardvolgorde aangehouden en worden vanaf het standaardschema automatisch de specifieke proceswijzigingen ingevoerd. Na de eerste oefening moet er dus een zekere kundigheid gaan ontstaan in het jezelf begeleiden en het beredeneren welke activiteiten eerst uitgevoerd moeten worden, gevolgd door welke andere, resp. welke activiteiten gelijktijdig moeten worden uitgevoerd.

Op het eerste gezicht is in het Organogram de afwisseling van de techniek en marketingfasen zeer opvallend. Voor de bouwtechnologiestudent is het een duidelijk teken dat er tussen de drie techniekfasen twee marketingfasen zijn ingebouwd. Voor de bouwmanagementstudent is het duidelijk dat marketingactiviteiten een intensief ontwikkeld technisch proces in drie fasen nodig hebben om een technisch goed product op te leveren.

4: EVALUATIECRITERIA

De vierde stap in het proces is al een aanloopje dat wordt genomen naar het resultaat door de wensen en eisen vast te leggen waaraan een succesvol product moet gaan voldoen. Deze criteria nu al vast te leggen, is uiteraard deels een hachelijke zaak, daar er een voorschot op het proces genomen moet worden. Aan de andere kant helpt het ons te definiëren wat we precies verwachten en wanneer we denken te zijn geslaagd. Ook kunnen we desgewenst tijdens het proces op deze stap een aantal keren terugkomen en met redenen omkleed de evaluatiecriteria bijpassen. Het patroon van die bijpassingen vertelt natuurlijk ook iets over de doelgerichtheid van de start of het zwalken van het proces erna. Als we nu echter geen criteria vastleggen, weten we niet of het proces als het een aantal stappen heeft doorlopen wel het juiste proces is, of tot de gewenste resultaten leidt.

5: PROCESBEWAKING

Zoals hiervoor gesteld bestaat het proces uit een inhoudelijk deel [rechts] en een sturings en bewakingsdeel [links]. In die procesbewaking wordt regelmatig de voortgang in het proces vergeleken met het van tevoren gestelde procesplan, de tijdschema's die worden overeengekomen en met de financiële budgetten. Onder deze post behoort dan ook een financiële inschatting van kosten op voorhand, naar gelang het proces en voorgaande ervaring, van grof gebudgetteerd tot, indien mogelijk, meer verfijnd op vastgestelde tijdseenheden, eenheidskosten of totaalkosten. Een gewone gang van zaken voorziet in het fijner begroten van de eerstvolgende stappen, tot en met het grof ramen van de verder weg liggende stappen, die op hun beurt weer worden verfijnd van raming tot begroting naarmate de werkelijk uit te voeren activiteiten beter bekend zijn.

Aangezien productontwikkeling meestal direct wordt geïnitieerd vanuit de directie van een bedrijf, is de rapportage vanuit het inhoudelijke procesdeel ook directiegericht en de procesbewaking een directiegeleide activiteit. Ook de procesbewaking stelt doelen en controleert die doelen regelmatig met de werkelijke voortgang.

6: ASPECTEN

Nadat doel, strategie, evaluatiecriteria en bewaking zijn vastgesteld, begint het inhoudelijke deel van het proces met een onderscheid te maken in een aantal deelstudies. Dit zijn min of meer autonome of voor een korte tijd als autonoom aangenomen aspecten van het onderwerp, die los van elkaar bestudeerd kunnen worden. In sommige processen zullen er slechts enkele aspecten zijn, in andere meer. Het is duidelijk dat bij het ontwikkelen van een complexe machine of een gebouw er vele aspecten naast elkaar bestudeerd kunnen worden, terwijl het ontwerpen van een simpeler onderdeel, bijvoorbeeld een nieuwe glazen bouwsteen, minder aspecten zal kennen. In deze stap wordt ook onderscheid gemaakt tussen de verschillende studieaspecten in hun onafhankelijkheid, semi afhankelijkheid en complete afhankelijkheid. Een en ander leidt natuurlijk eerst tot het zelfstandig en daarna het gecombineerd of geïntegreerd bestuderen van de onderscheiden aspecten. Deze hiërarchie wordt dan later ook weer gebruikt om aspecten in hun tussen- en eindresultaten met elkaar te combineren. Hierna wordt aan de verschillende aspecten een [identificatie nummer] gegeven, zoals in ons standaardschema, of een naam. In elk aspect wordt begonnen met de resp. doelstellingen en evaluatiecriteria, en als het nodig is ook de aspectstrategie. Vervolgens kunnen de onderscheiden aspecten gezien gaan worden als clusters, als bij elkaar behorende verzamelingen rondom een bepaald aspect. In het volgende zullen achtereenvolgens de karakteristieke stappen worden weergegeven van elke aspectcluster. Nogmaals: het Organogram ziet er hier bedrieglijk simpel uit, maar een proces van een ingewikkeld product kan een complex aan aspectclusters inhouden, die voor de overzichtelijkheid hier slechts met de eerste nummers 1, 2 en 3 enz. zijn aangeduid. Elke cluster bestaat in principe uit vier stappen: analyse, brainstorm ideeën, synthese en de combinatie van deze twee laatste in een aspectconcept. De concepten van de verschillende aspecten worden vervolgens gecombineerd tot een totaal productconcept [al of niet na subclusering in subproductconcepten].

7: ASPECTANALYSE

Als eerste stap van een aspectcluster wordt het aspect uiteengehaald, tot het een combinatie is geworden van ondeelbare onderdelen, die worden bestudeerd door middel van literatuuronderzoek, vergelijkend onderzoek, ontwerponderzoek, modelonderzoek en dergelijke. In deze fase gaat het om het productconcept en nog niet over het definitieve product. Dus uitputtend behoeven deze analyses nog niet te zijn. Het gaat er natuurlijk ook om door middel van voortdurend terugkoppelingen het overzicht over het geheel niet te verliezen. 'Beter breed dan diep' is hier het motto. Liever alle aspecten behandeld dan enkele (wellicht later cruciale) aspecten te laten zitten uit onwetendheid, onbekendheid of koudwatervrees. In deze stap wordt ook veel feitelijke informatie verzameld.

8: BRAINSTORMIDEËN

Het gebeurt in zo'n analyse (net als overigens bij elke langdurige studie) vaak dat er een soort onderzoeksblindheid wordt opgedaan. Daarom wordt er ongegeneerd een brainstormstap ingevoerd die, afstandnemend van de feitelikheden uit de analyse, de student of studenten in staat stelt om allerlei ideeën, rijp en groen, naar voren te brengen. De gebruikelijke tactiek is dan om een groep van studenten tegen elkaar te laten fantaseren en alle resultaten vast te leggen, met de bedoeling ze pas later te beoordelen, eventueel weg te werpen of te combineren. Vaak is zo'n brainstormsessie nodig om onbewust levende ideeën uit te dagen en geholpen door een onbevangenheid van de een, te laten aanvullen door ideeën van een ander. Het komt uiteraard ook voor dat een dergelijke stap pas genomen kan worden na een weekend zeilen, of tijdens een langere reis, als de gedachten eens rustig geordend worden, niet belast met alle drukkende informatie van de analyse. Soms komt er spontaan een 'Eureka' moment, een flits die ook anderen weer aanzet om verder te gaan. Op deze stap is de hoop van veel ontwerpers en architecten gericht. Niet onterecht, want hierin moet de creativiteit van de ontwerper naar voren komen. Aan de andere kant is er toch altijd de voedingsbodem van de feitelijke analyse die aan de brainstorm te grondslag ligt. Brainstormen zonder analyse vooraf leidt vaak tot luchtflitsen. Er is dus een wankel evenwicht tussen bewust en onbewuste (of onderbewuste) stappen in dit proces. Ontwerpers zijn meestal goed in deze stap vergeleken met veel technici, die door de diepgang waar in ze vaak werkzaam zijn of door de obsessie waarin ze zijn gevangen, gehinderd worden in hun vrije denken.

9: ASPECTANALYSE

De feitelijke informatie en het vrije vlieden van de brainstormsessie worden nu door hard en creatief werken, gecombineerd tot een synthese van het betrokken aspect. Hier moet een poging gewaagd worden om een of meerdere oplossingen te geven voor het betrokken aspect. Liefst meerdere, want er zullen in de loop van de hierna volgende combinaties vele weer sneuvelen omdat ze niet verenigbaar zullen zijn met de synthese van andere aspecten.

10: PRODUCTCONCEPT

De resultaten van de aspectstudie worden nu met elkaar gecombineerd, hetzij in een vrije vorm, dan wel in een aantal clusters van bij elkaar horende aspecten of in een strakke combinatie door middel van bijvoorbeeld een matrix, waarbij elk aspect met elk ander wordt gecombineerd. Dat levert dan weer een overdosis aan combinaties op, waarvan er vele niet doenlijk zijn, onhandig, andere weer wellicht haalbaar of zelfs veelbelovend. Er zullen zo ook een aantal combinaties opduiken waaraan voorheen nog niet is gedacht. Het is natuurlijk zaak behoedzaam met deze combinaties om te gaan. Een afkeuring is maar al te snel gedaan, want het is moeilijk de kwaliteit van een nog nooit vertoonde combinatie te onderkennen. Uit al deze combinaties kan naar voren komen dat de beste niet voldoet aan alle gestelde eisen. In dat geval is het zinnig met de nu verworven kennis terug te koppelen op de uitgangspunten, op de analyse, de brainstorm en/of de synthese van aspecten, alvorens daar definitief in te berusten. Een goed productconcept is zowel het feitelijke als het intuïtieve resultaat van studie op alle aspecten, maar kan daaraan natuurlijk in wisselende mate aan voldoen. Ontwerpen blijft vaak het zoeken naar compromissen.

11: TECHNISCHE HAALBAARHEID

Daarom is het goed nu eerst te beoordelen of het resulterende productconcept technisch haalbaar is. Eigenlijk moeten we zeggen: 'nu pas' want deze beoordeling moet niet te snel komen om de mogelijke creatieve ideeën niet te snel de grond in te boren. Het vereist van de beoordelaar natuurlijk ook enige 'verlichtheid' om de haalbaarheid niet alleen de bril van alledag te laten zijn, maar ook om eens een nieuwe bril op te zetten. Wellicht moeten er nieuwe productietechnieken worden ontwikkeld, moeten grondstoffen of basismaterialen anders worden voorbewerkt dan gebruikelijk en dergelijke. Het is duidelijk als we in dit stadium een absoluut en finaal 'neen' te horen krijgen van de productieafdeling en wel na herhaaldelijke toelichtingen en nadere gesprekken, het proces eigenlijk afgesloten moet worden. Is het echter nog niet goed genoeg, dan is het logisch om een terugkoppeling te maken naar een van de voorgaande fasen om een of meerdere aspecten nog eens goed te bestuderen op alternatieven. Is het resultaat positief, dan gaan we over tot de volgende stap.

12: VOORLOPIGE MARKTANALYSE

We richten ons nu eerst even naar de markt en vergelijken het resulterende productconcept van de markt waarvoor het product bedoeld is (uitgangspunt) met de markt, waarvoor het geschikt lijkt te zijn (resultaat). Worden alle eigenschappen van het product als positief ervaren? Zijn er favoriete en gedoogde eigenschappen? Welke zijn de aantrekkelijke eigenschappen? Wellicht zijn er deelmarkten te onderscheiden, die verschillend op het product reageren. Indien deze korte terugkoppeling van het productconcept naar de markt, of de klant (als die bekend is), positief is, dan vervolgen we het proces.

13: ECONOMISCHE HAALBAARHEID

De laatste stap in de eerste fase is die van de financiële haalbaarheid. Als het goed is hebben we in de evaluatiecriteria een globale kostprijs of voorgesteld, die we nu met behulp van de voorgestelde productietechnieken behorend bij het productconcept kunnen gaan evalueren. Bij technisch baanbrekende producten is het niet ongebruikelijk dat deze economische haalbaarheidsstap ver naar achteren in het proces wordt verschoven, eenvoudig omdat er vele onbekendheden het zicht nog compleet verduisteren. In de bouw is het zicht meestal belemmerd, en mistig aanwezig. De financiële bandbreedte waaraan producten moeten voldoen, is meestal toch redelijk beperkt. Het gaat gewoonlijk gaat om nieuwe producten die hetzelfde moeten presteren als bestaande producten die immers een bestaande en bekende prijsstelling hebben. Het is als het ontwikkelen van een vervangingsmiddel met vele vaststaande randcondities. Dat maakt het werk soms zeer boeiend, in andere gevallen soms vervelend en teleurstellend. Er moet hard gewerkt worden voor een nauwelijks zichtbaar resultaat. De bouw werkt nu eenmaal met laagwaardige materialen met bijbehorende lage kostprijzen per massa, oppervlak of lengte, om te kunnen resulteren in de lage kubieke meterprijzen van de bouw als totaal. Soms zijn de producten dan ook nog onzichtbaar weggewerkt, zoals in de leidingsystemen van het Open Bouwen en ligt de meerwaarde louter in het flexibel gebruik in de tijd, dus in de verdere toekomst.

08.02 TWEEDE FASE: VOORLOPIGE MARKETING

Bij de allereerste start van het proces moet al een marketingindicatie zijn gegeven. Je start immers niet zomaar een productontwikkelingsproces. Dus een globaal idee van de haalbaarheid op de markt moet er al geweest zijn. Die marktgeschiktheid is aan het eind van de eerste fase ook in de studie betrokken. Nu er na de eerste ontwerpconceptfase een uitgewerkt concept ligt, is het zaak dat concept eerst te toetsen aan de markt: is dit wel het product waar de (deel)markt om zit te springen? Of beantwoordt het product wellicht niet geheel aan de verwachtingen van de markt. Is er in de eerste fase wellicht iets fout gegaan waardoor een op zichzelf veelbelovend product is ontstaan voor een geheel andere markt dan beoogd? In zo'n gewoonlijk kostbaar productontwikkelingsproces moet het doel steeds goed in de gaten gehouden worden om niet te ontsporen of een product als resultaat te hebben dat kan worden bijgeschreven bij de 95% mislukkingen die als gemiddeld worden aangehouden bij het productontwikkelen. Het is overigens ook voorstelbaar dat de activiteiten van fase 2 'Voorlopige Marketing' min of meer parallel verlopen met de activiteiten van fase 1. Vooral als het totaal aantal weken, dat het proces mag beslaan, extreem kort is, zouden voor verschillende producten waarbij de marketingmensen al hun routines kennen de fasen 1 en 2 nagenoeg parallel kunnen verlopen. Als ontwerpers moeten we er dan overigens wel op bedacht zijn dat de marketingafdeling niet de ontwerpafdeling gaat dicteren. In het algemeen is een marketingvisie meer op korte termijn gericht, terwijl een ontwerpvisie meer lange termijn gericht moet zijn.

14: DOELSTELLINGEN FASE 2

Het doel van alle activiteiten van fase 2 is dus om te controleren of het ontwerpconcept van fase 1 beantwoordt aan de behoeften van de markt, resp of het productconcept moet worden aangepast aan de eisen van de markt. In deze fase moeten ontwerpers samenwerken met marketingmensen van het bedrijf, waarbij de hulp van de ontwerpers vaak kan worden ingeroepen om bepaalde architectonische en bouwkundige mogelijkheden van de markt in te schatten, bijvoorbeeld producttoepassingen in de diverse gebouwentwerpen van op de markt opererende projectarchitecten. Daarbij kunnen productarchitecten de mogelijkheid krijgen [en ook nemen] om te anticiperen op producttoepassingen onder zeer verschillende architectuurhandtekeningen en architectuurstijlen. Door op een stukje transparant papier alternatieve productinvullingen te schetsen over projectpublicaties van recente gebouwen, kun je al een architectonische marktanalyse maken. Het vinden van toepassingen en het herkennen van verschillen daarbij vereist uiteraard zowel een marketing als een architectonische vaardigheid.

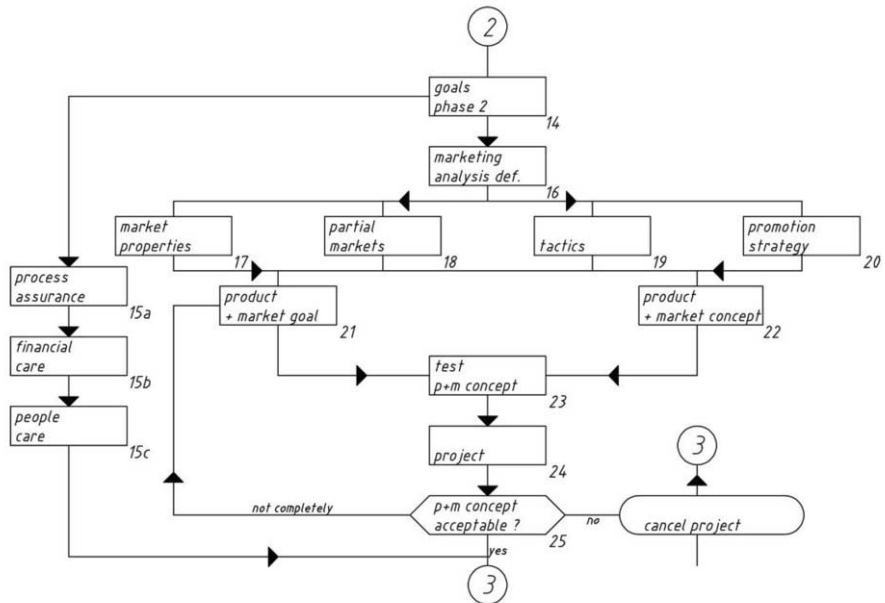


FIG. 89 Fase 2 van het Organogram van standaardproducten: alle activiteiten van de Voorlopige Marketingsfase

15: PROCESBEWAKING

Evenals activiteit 4 uit de eerste fase gaat de procesbewaking in op de organisatorische en financiële aspecten. Bewaking is een streng woord, het zou ook sturing kunnen heten. Het gaat over het accommoderen en borgen van voldoende financieën en van geschikte personen om het proces te doorlopen.

16: MARKETINGANALYSE

Er moet een analyse gemaakt worden van de markt voor het beoogde product. Hoe vaak, onder welke omstandigheden kan het worden toegepast, in welke verschillende uitvoeringen? Is er onderscheid te maken tussen verschillende typen gebouwen of via verschillende afzetkanalen? Er zou dan van deelmarkten gesproken kunnen worden, elk met een eigen productmarktkenmerk.

17: MARKTEIGENSCHAPPEN

De eigenschappen van de markt waarvoor het product geschikt gedacht wordt, dienen te worden beschreven in al hun bijzonderheden en eigenaardigheden. Onderscheid te maken in functionele, bouwtechnische, architectonische en commerciële aspecten, alsmede de benaderbaarheid van de markt, de toegankelijkheid, de type beslissers en de beslissingshiërarchie en de geografische verschillen per land of landen en werelddelen.

18: DEELMARKTEN

De gehele toepassingsmarkt zal waarschijnlijk kunnen worden onderscheiden in deelmarkten die qua kenmerk aanzienlijk van elkaar verschillen. Er zullen sterk beweeglijke markten en meer statische markten zijn. Deelmarkten zijn ook vaak onderling verschillend te benaderen. Er zullen interessante en minder interessante deelmarkten zijn, snel te veroveren korte termijn markten en langzaam te penetreren lange termijn markten.

19: TACTIEK

De verschillende deelmarkten kennen waarschijnlijk ook hun eigen beslissers en beslissingsstructuren of beslissingshiërarchieën. De aard en gedrag van deze beslissers bepalen ook de meest geschikte wijze om de markt van deze beslissers te benaderen, via welke route, met welke middelen, door welke mensen en met welke timing. Ook de distributie en verkoopkanalen zijn van belang. De tactiek zal in verschillende geografische marktgebieden duidelijk verschillend zijn. Tactiek is de aanpak van het naar de markt brengen van het product.

20: PROMOTIESTRATEGIE

Als de verschillende deelmarkten, hun beslissers en de algemene tactiek zijn omschreven volgt hieruit de strategie om het product onder de aandacht van beslissers te brengen.

21: PRODUCTIE- EN MARKTDOELEN

Hierin worden de combinaties van typen en hoeveelheden producten voor de diverse deelmarkten gekwalificeerd en gekwantificeerd, onderscheiden in tijd naar korte, middel- en lange termijn.

22: PRODUCTMARKTCONCEPT

De karakteristiek van elk gewenst type product behoort op de gewenste wijze naar de afnemers te worden gebracht en in specifiek gewenste kwaliteiten.

23: TEST PRODUCTMARKTCONCEPT

De combinatie van product en markt zoals deze hiervoor is vastgelegd, wordt voorlopig getest in een kleine kring afnemers, door middel van individuele presentaties, een kleine groepsprestatie of een lezing met presentatie gekoppeld aan een andere gebeurtenis. Wek nog geen verwachtingen dat het product snel op de markt verkrijgbaar zal zijn.



FIG. 90 Prototype van een zonwering wordt in het PO Lab getest in open positie idem



FIG. 91 Idem, in gesloten positie

24: PROCESVALUATIE

Denken we dat het totale proces met de technische en marketing aspecten succesvol wordt, of zijn er redenen om het bij te stellen?

25: PRODUCTMARKTCONCEPT ACCEPTABEL?

Heeft de productmarktcombinatie voldoende potentiële kansen om de volgende technische fase in te gaan? Zo niet, laten we het proces dan stoppen. Indien niet volledig, dan dienen we nogmaals terug te koppelen naar één of meer geschikte activiteiten ervoor.

08.03 DERDE FASE: PROTOTYPE ONTWIKKELING

26: DOELSTELLINGEN FASE 3

Nadat het onderwerp van studie is bepaald, wordt het doel vastgesteld. Voor het 4e jaars studiemodule 'Het prototype' op de faculteit Bouwkunde TU Delft is dat bijvoorbeeld het verder ontwerpen en ontwikkelen van het ingangskoncept van het gevelscenario tot een prototype op werkelijke schaal groot ongeveer 2 x 2 m en in de werkelijke materialen, in de werkplaats vervaardigd door de student zelf. Het prototype moet technisch minimaal als werkstuk zijn geassembleerd. Als wens wordt daar nog aan toegevoegd dat het werkstuk toonbaar is, in een gecoate uitvoering en dat er minimaal één glaspaneel is aangebracht. Het moet vervoerbaar zijn, door deuren en in een goederenlift passen. In dit stadium past een globale beschrijving van het te bereiken doel. Deze beschrijving bestaat minimaal uit drie onderdelen:

- Een technisch of materieel deel waarin de kern van het productidee is vastgelegd;
- Een economisch deel waarin het financiële doel is vastgelegd;
- Een marketingdeel waarin het markt doel is vastgelegd.

27: FINANCIËEL MANAGEMENT

Is in een studie situatie in feite onbelangrijk, en wordt door de faculteit binnen de haar bekende grenzen behandeld. De basis is de budgettering voor de tijdsinvestering van het product van de ingezette personen maal hun manuurkosten. De voornoemde studiemodule zal individueel doorlopen gaan worden, met uitzondering van het vervaardigen van het prototype waarbij in duo's / trio's / kwartetten gewerkt kan worden.

28: EVALUATIECRITERIA FASE 3

Een goed programma van eisen is in feite een beschrijving van de criteria waaraan het product zal moeten voldoen. Per product kunnen hier geheel verschillende criteria opgesomd worden. De bedoeling is voortdurend en zeker aan het eind van de 3e fase naar deze criteria terug te koppelen. De criteria kunnen zowel kwantitatief zijn als kwalitatief. Het is goed ook onderscheid te maken tussen eisen en wensen. Want een oplossing, die niet aan een eis voldoet is immers niet aanvaardbaar, terwijl daarentegen een oplossing die niet aan een wens voldoet, toch bruikbaar kan zijn. Voorts is het belangrijk te bedenken dat

er een zekere hiërarchie is in het programma van eisen of het lijstje van criteria. Dit heeft te maken met de doelmiddelrelatie. Het is in dit verband raadzaam hoofdstuk 6 van ref [6] eens door te nemen. Daarin worden ook nog een aantal procedures beschreven om een goed en volledig programma van eisen te maken.

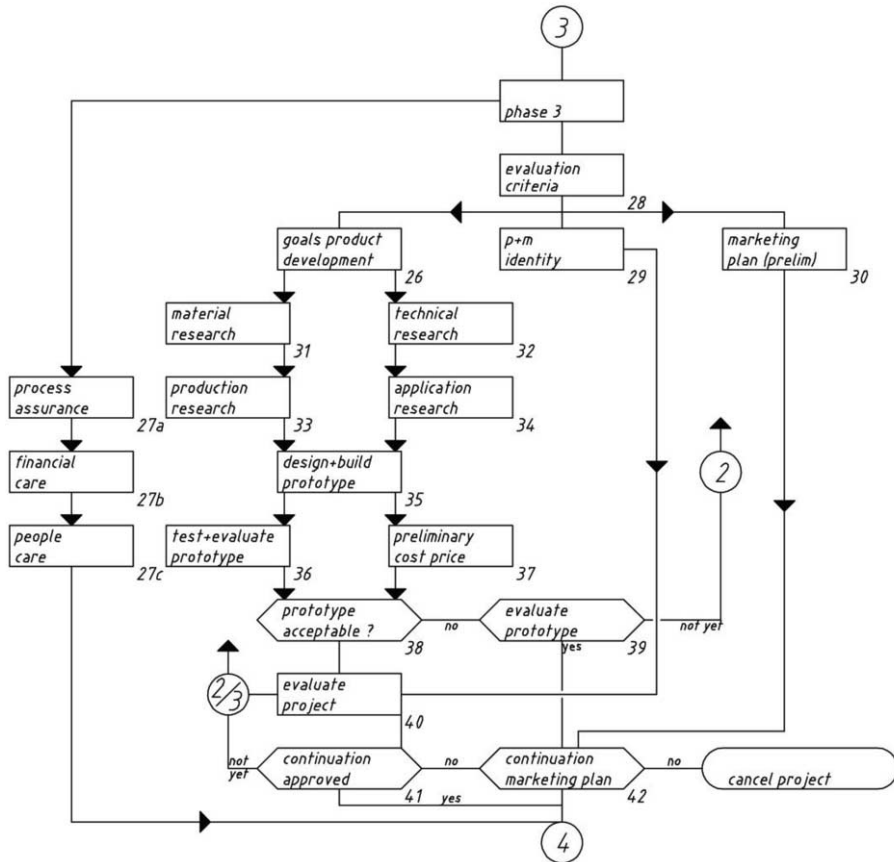


FIG. 92 Fase 3 van het Organogram voor standaardproducten: alle activiteiten van de Prototype Ontwikkeling

29: PRODUCTMARKTIDENTITEIT

Een realistische productontwikkeling begint niet zomaar met een ingebeeld idee. De realiteitswaarde moet worden geanalyseerd. Voor welke toepassingen, voor welke type gebouwen, welke architectuur, onder welke klimatologische omstandigheden, welke functionele, architectonische, technische en economische omstandigheden wordt het product een passend antwoord gedacht op de vermoede vraag of een gebleken probleem? Zijn er

verschillende toepassingen ofwel deelmarkten te onderscheiden? In hoeverre beïnvloeden deze deelmarkten de eigenschappen van het product? Waarin zal het product zich moeten gaan onderscheiden van bestaande producten, die het zou moeten gaan vervangen? Hoe zou het product tenslotte op de markt gebracht moeten gaan worden? Hoe zijn de informatiestromen door de bouwindustrie? Wie zijn de beoogde afnemers, wie de makers, welke functies er tussenin kunnen het gebruik van het product aansturen of afsturen? Met deze overwegingen wordt het programma van eisen en wensen aangevuld of bijgesteld. Als conclusie van de Voorlopige marketing fase 2, is een voorlopige marktproductidentiteit ontstaan, die als het ware het gewenste beeld geeft van het product op de gewenste deelmarkt. Dit ter controle dat er geen ongewenste producten worden ontwikkeld voor andere deelmarkten, die op zichzelf wellicht heel nuttig kunnen zijn. Maar de oorspronkelijke opdrachtgever met lege handen laten zitten, tenzij de uitgangspunt inmiddels gebleken is een onterechte veronderstelling te zijn geweest. Ontstaat zo'n onbedoeld bijproduct: documenteren, beschrijven, schetsen en opslaan, voor een eventueel latere uitwerking in een andere studie, je weet nooit.

30: VOORLOPIG MARKETINGPLAN

Wordt hier verder niet behandeld want het is in feite een neerslag van de proces activiteiten uit de 2e fase. Het is echter wel zinvol om hier te worden behandeld als die studie niet deze tweede fase inhaalt. In de hierna genoemde activiteiten 31 t/m 37 worden een aantal aspecten van het te maken ontwerp nader onderzocht. Deze activiteiten kunnen na elkaar met terugkoppelingen maar ook gelijktijdig plaatsvinden. In ieder geval zal ieder aspect op zichzelf een resultaat moeten opleveren die in activiteit 38 tot een synthese gebracht moet worden. Het zal in het algemeen niet verstandig zijn in activiteit 31 een materiaal te kiezen, in activiteit 35 alleen de productiemogelijkheden van dat materiaal te bestuderen ed. Alle activiteiten hebben onderlinge relaties. Analyse scheidt de verschillende aspecten, maar kan niet zonder de synthese van het weer samenbrengen en combineren.

31: MATERIAALONDERZOEK

Voor het gekozen onderwerp en ontwerp volgt in eerste instantie het onderzoek naar het meest geschikte materialen die ten opzichte van elkaar worden vergeleken in chemische eigenschappen, fysische eigenschappen van de aparte elementen, de subcomponenten en de componenten, alsmede de combineerbaarheid. Deze studie wordt simultaan uitgevoerd met het productieonderzoek en het vormonderzoek. De gekozen meest geschikte materialen worden vervolgens nogmaals en veel diepgaander doorgenomen in hun chemische en fysische eigenschappen. De voorkeursbenadering is er overigens niet een van 'bottom up': beginnend bij de chemische structuur, tot aan het component toe. (Dat was tot nu toe in de materiaalkundecolleges het gebruik was). Liever een 'topdown' benadering vanuit het ontwerp: door eerst het gedrag te specificeren van het betreffende product in de vorm van component, vervolgens dat van de subcomponenten, van de samenstellende elementen en vervolgens om tot de materiaaleigenschappen van deze elementen zelf te komen.

32A: ELEMENTVORM ONDERZOEK

De hiërarchische reeks van element, sub component naar component moet worden onderzocht in de vorm die ontstaat door het gebruik van een bepaald materiaal met bepaalde productietechnieken te gebruiken voor een bepaalde functie. Voortdurend zal hier moeten worden geredeneerd van klein naar groot, van element naar component, bouwdeel en gebouw, en andersom van groot naar klein. De relatie tussen product en architectuur behoort daar dus ook bij.



FIG. 93 Het op druk belasten van kartonnen buisstukken



FIG. 94 Scheurpatroon van een geboute verbinding die de zwakte en ongeschiktheid van deze geboute verbinding toont



FIG. 95 Opbouw van het centrale deel van de kartonnen koepel op IJburg



FIG. 96 Ophijzen van het centrale deel met veel tuikabels om de spanningen in het karton te verdelen en laag te houden



FIG. 97 Het inhijzen van het centrale deel op de onderstaande rand, waarna de tussenzone aaneen gebouwt wordt

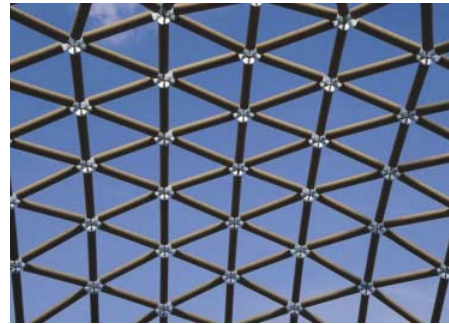


FIG. 98 Het totaal geboude resultaat van de kartonnen koepel, 30 m diameter (arch. Shigeru Ban)

32B: ASSEMBLAGE- EN MONTAGEONDERZOEK

De wijze waarop de diverse elementen worden verbonden tot een subcomponent en de wijze waarop meerdere subcomponenten worden verbonden tot een component, dat wellicht op zijn beurt tot een supercomponent invloed heeft op de vorm van de afzonderlijke onderdelen, op de verbindingsmiddelen en methoden en op de resulterende verschijningsvorm. Transport heeft zijn invloed in de vorm van beperking van gewicht en afmetingen, hijspunten en eventueel transportversterking, terwijl het hijsen per kraan ook zijn invloed heeft. Soms kunnen specifieke montagemethoden een overheersende invloed hebben op de verschijningsvorm.

33: PRODUCTIEONDERZOEK

De grondstof wordt gewoonlijk in bulk en buiten bereik van de ontwerper (buiten de bouw) gezuiverd en omgevormd tot materiaal. Het materiaal wordt omgevormd tot gewoonlijk standaard verhandelbare tussenproducten in de vaktaal gewoonlijk 'halfproducten' of 'halfabrikaten' genoemd. Bij metalen kozijnen worden dit bijvoorbeeld de 'basisprofielen' genoemd. In geval van kozijnen zijn er, passend in uitgebreide kozijnsystemen, assortimenten van basisprofielen in de beschikbare materialen hout, staal, aluminium en PVC, die als uitgangspunt genomen kunnen worden voor een verder ontwikkeling, resp die gelden als voorbeelden om een geheel nieuwe serie profielen te ontwerpen en te ontwikkelen. De vraag die allereerst beantwoord moet worden is hoeveel strekkende meters lengten kozijnprofiel van een bepalende doorsnede in de toekomst gebruikt zullen gaan worden. In de verschillende materialen zijn de materiaalkosten en machinale afschrijvingen bij de productie van de basisprofielen zeer verschillend. De opklimmende lijn van lage naar zeer grote aandelen in de productiekosten per m¹ profiel, resp. de economische haalbaarheid van kleine naar zeer grote series is: hout, aluminium, staal en PVC. Deze productietechnieken betreffende basisprofielen. In de verdere verwerking van deze basisprofielen tot elementen moet gekozen worden uit een aantal bewerkingstechnieken die specifiek zijn voor het materiaal en voor de gewenste elementvorm. Al is het materiaal

gewoonlijk sterk beperkt, het aantal bewerkingstechnieken is groter en het aantal elementvormen als resultaat mogelijk nog groter. Maar steeds is duidelijk dat er voor de productontwerper een grote mate van inspiratie uit de productietechniek gehaald wordt. Kennis van zaken is dan ook onontbeerlijk en onmisbaar als nieuwe productietechnieken moeten worden uitgedacht om speciale bewerkingseffecten te verkrijgen. Hier wordt dus de definitieve relatie tussen ingangsmateriaal, productietechnieken en elementvorm gelegd. Er zou hierbij ook gedacht kunnen worden aan diverse productietechnieken die nog onbekend zijn bij de bouwindustrieën en wel bij andere industrieën in zwang zijn, zoals de auto-, bus-, trein-, en vliegtuigindustrie, in de werktuigbouw of in de civiele techniek: lijmen, lamineren, gieten. Ir. Jan van der Woord, heeft bij zijn pensionering in de leerstoel Productontwikkeling het boek 'Gieten en kneden' geschreven, dat met een update van 2015 werd gepubliceerd, waarin waarnaar hier wordt verwezen [zie biografie pag. 261].

34: TOEPASSINGSONDERZOEK

De drie hoofdtypen bouwproducten, te weten: standaardproducten, systeemproducten en speciaalproducten hebben alle een andere, maar wel duidelijke relatie met de toepassing van producten in de bouw. Standaardproducten kunnen ofwel in vele toepassingen zonder wijziging kunnen worden toegepast of geheel niet. Dat is is een keuze systeemproducten hebben een vraag- en antwoordspel nodig om hun eigenschappen ingevuld te zien per project. Speciaalproducten bestaan alleen maar in afzonderlijke projecten. De invloed van de projectarchitect op die drie hoofdtypen verloopt dus van nul via gedeeltelijk tot geheel. De genoemde hoofdtypen zijn voor projectarchitecten dus 'gesloten', 'halfopen' resp 'open'. Toepassingen kunnen op hun beurt bij de productontwikkeling dus een zeer indringende invloed hebben. Eigenlijk daalt hier een stuk technische en architectonische marketing in op het niveau van het ontwikkelingsproces. De studie naar verschillende toepassingsomgevingen is in deze fase van het proces belangrijk genoeg om al een voorschot te geven op de multi-inzetbaarheid van het productsysteem en om de verschillende lokaties te onderzoeken voor het projectproduct. Aan de andere kant kan een standaardproduct in wisselende context of buitenomgeving ook steeds een verrassend effect geven. Denk maar aan een nieuwe auto in de Sahara of in de sneeuw gefotografeerd. Het toepassingsonderzoek van het kant en klare standaardproduct wordt gezien door de bril van de 'producerende' productarchitect. Een aanvullende visie, gezien door de bril van de 'consumerende' projectarchitect wordt in de gebruikelijke architectuuropgaven van studenten gegeven. Daarin is het samenstellen van een gebouw uit standaardcatalogusproducten gewoonlijk aan de orde. In die studiemodulen wordt de kundigheid aangeleerd te schipperen tussen de standaardproductaanbiedingen en de afwijkingen die menig projectarchitect tot stand zou willen brengen. Die kundigheid moet ook worden gevonden in de vrijheid om productsystemen aan de projectarchitect bieden. De hoogste klas is voorbehouden aan de ontwikkeling van speciale producten, die de omissies van standaardproducten en systeemproducten opvullen.

35A: PROTOTYPEONTWERP

Uit de gecombineerde gegevens van de ontwerpende onderzoeksactiviteiten van fase 34 t/m 37 volgt een prototypeontwerp, waarbij wellicht nog enkele malen terugkoppelingen moeten worden gemaakt naar voorgaande activiteiten. Vooral naar de technische onderzoeksactiviteiten, maar ook naar de doelstelling, en naar de productmarktidentiteit liggen voor de hand: Dit wordt uitvoerig wordt beschreven, geschetst, verder uitgetekend en op niveau van werkplaatstekeningen uitgewerkt. In deze synthese zal alle vergaarde kennis op een creatieve wijze moeten leiden tot een ontwerp. Voor de creativiteit bevorderen de methoden kan ref [6] hoofdstuk 7 worden geraadpleegd. Bedenk dat iedere vernieuwing een nieuwe combinatie is van reeds bestaande of bekende technieken!

35B: PROTOTYPEBOUW

Afhankelijk van het type product zal besloten moeten worden in welke vorm, schaal, grootte en materialen het prototype zal worden gebouwd. Het prototype dient in eerste instantie als controle op het ontwerp en ontwikkelingsproces voor de productarchitect, in tweede instantie als confrontatiemodel voor de markt of opdrachtgever. Ideaal is een werkend prototype op werkelijke schaal met de beoogde materialen op de werkplaatswijze gemaakt, maar daarvoor ontbreekt in veel gevallen wellicht de ruimte, de tijd en het budget. In dat geval is het beter cruciale details te vervaardigen, of een product op iets verkleinde schaal weer te geven, resp een vervangingsmodel op volledige schaal in vervangingsmaterialen. In het hiervoor genoemde prototypemodule worden na een aantal typische knooppunten in gevels een volledig prototype verwacht op (bijna werkelijke schaal) in de werkelijke materialen deuren past en in een goederenlift kan worden vervoerd. In de prototypemodule zullen de studenten door middel van een introductie cursus alle metaalbewerkingsmachines, aanwezig in het productontwikkelingslaboratorium, leren bedienen om de prototypes te maken in staal en in aluminium. Van de bouw van het prototype is op zichzelf ook een zeer gedetailleerd activiteitschema te maken. Gaarne vooraf, ter bevordering van de communicatie in elke prototypegroep. Die discipline moet verder per groep worden ingevuld en wordt hier verder niet gedetailleerd.

36: TEST EN EVALUEER PROTOTYPE

In de werkplaats, de fabriek of het laboratorium kunnen nu simpele proeven op het prototype worden gedaan. Indien het ware grootte prototype betreft in de definitieve materialen op een definitieve manier samengesteld, (onafhankelijk of het met de definitieve productietechniek is vervaardigd, dan moet het mogelijk zijn om een globale gedragstest uit te voeren. Die gaat met voldoende diepgang om het functioneren van het prototype op ontwerpniveau terug te koppelen. Bij de kwaliteit van deze test moet worden gedacht aan simpele middelen, in korte tijd, met gezond verstand doorgevoerd. Het doel van het testen is, indien het althans een technisch uitdagend prototype betreft, om met relatief weinig inspanning grofweg op 80% van de betrouwbaarheid het gedrag van het prototype te kunnen beoordelen. Hierna kan er in een academische laboratorium getest worden of kan de hulp worden ingeroepen van een professioneel testlaboratorium. Daarmee wordt als het ware de resterende 20% nauwkeurigheid beoogd. Omdat daarmee veel meer in de

diepte van het onderzoek wordt gegaan, is er een veel meer gesophisticereerde uitrusting voor benodigd dan die welke in het POLab aanwezig is. Veelal volgt na deze fase nog een terugkoppeling naar voorgaande fasen als het niet volledig voldoet aan de gestelde criteria.

37: KOSTPRIJSBEREKENING

Maak een schatting van de noodzakelijke kosten van een nulserie, een kleine serie of een grote serie identieke producten naar het model van het ontwikkelde prototype. Verdeel de kosten in die van het voortraject, van het productietraject, en van het verkooptraject om de producten daadwerkelijk aan de man te brengen. Alles om voldoende gevoel te krijgen voor die onderlinge verhoudingen. Vergelijk de resulterende kostprijs plus marge als de resulterende verkoopprijs met de marktprijs van de producten die beoogd worden met het nieuwe product te worden vervangen. En trek de conclusie met betrekking tot de financiële haalbaarheid van het nieuwe product op de markt.

38: PROTOTYPE ACCEPTABEL?

Voldoet het prototype aan de gestelde verwachtingen en in welke opzichten?

39: PROTOTYPEEVALUATIE

Het vervaardigde prototype wordt geëvalueerd naar de oorspronkelijke evaluatiecriteria [zie activiteit 28]. Deze zijn functioneel, architectonisch, technisch en economisch gerangschikt. De mate van vervulling van deze criteria wordt vastgelegd, alsmede de mogelijke niet-vervulling en de redenen daarachter. Vastgesteld zal worden of het prototype in voldoende mate tegemoet komt aan de gestelde verwachtingen. Daarnaast wordt ook een terugkoppeling gemaakt naar de voorlopige marketing en de productmarktidentiteit.

40: PROCES-EVALUATIE

De totale procesgang wordt geëvalueerd, naast de individuele eindresultaten van activiteit 42. Een en ander wordt vastgelegd in een presentatie door de studenten voor de module begeleiders en de externe beoordelaars op een voor hen overtuigende wijze. De prototypes moeten een dermate presentatiekwaliteit hebben dat een presentatie van het prototype op de Nationale Gevelbeurs of soortgelijke evenementen hoog scoort.

41: GOEDKEURING VOORTGANG

In de studiesituatie is de begeleiding verantwoordelijk voor de goedkeuring om naar een volgende fase te gaan. De directie van het bedrijf voor wie het product wordt ontwikkeld, zal op basis van de technische resultaten uit de voorgaande activiteiten en met een terugkoppeling naar de voorlopige marketingfase 2 zich buigen over de voortgang van het project. Als het oordeel niet geheel positief is, volgt er wellicht een terugkoppeling naar eerdere activiteiten van fase 3. Als de goedkeuring wordt verstrekt, zijn de volgende activiteiten die van de definitieve marketing uit fase 4. Is de directie van mening dat het

proces moet worden gestopt, dan volgt eerst nog een bezinning over de marktpositie van het prototypeproduct in activiteit 42, alvorens het plan wordt opgeschort, opgeborgen of weggeworpen en alle kosten worden afgeschreven.

42: VOORTZETTING MARKETINGPLAN

Deze fase wordt alleen doorlopen als de directie van mening is dat het project moet worden gestopt. Ze is te zien als een samenvatting van de definitieve marketing activiteiten: kloppen de gegevens van de voorlopige marketing nog wel op het nu ontwikkelde product. De kans is namelijk heel groot dat de technische productontwikkeling en het marketing plan een ander spoor hebben getrokken. De marketing kansen van het ontwikkelde prototype moeten worden geëvalueerd. Deze activiteit behoeft niet te worden uitgevoerd als de directie akkoord gaat met de voortzetting van het proces aangezien de vierde fase een veel uitgebreider stelsel van marketing activiteiten inhoudt.

08.04 VIERDE FASE: DEFINITIEVE MARKETING

Nadat het product tot in het prototypestadium verder is ontwikkeld en er dus fysieke voorbeelden van het product getoond, gefotografeerd of gefilmd kunnen worden voor presentaties, treedt de vierde ontwikkelingsfase in: de definitieve marketing. In de tweede fase is al met de gegevens van het conceptontwerp een voorlopige aftasting geweest van de reactie van de markt op het conceptproduct. Het is overigens niet ongebruikelijk dat de marketingfasen niet lineair na de technische ontwikkelingsfasen worden geschakeld, maar met een (gedeeltelijke) overlap, waarbij het gevaar van marketingaandrang en dwang vanuit de marketingafdeling naar de productontwikkeling een gevaar voor een evenwichtige ontwikkeling inhoudt. Ten opzichte van de tweede fase van de voorlopige marketing, die vragend was, is de vierde fase van de definitieve marketing meer vaststellend.

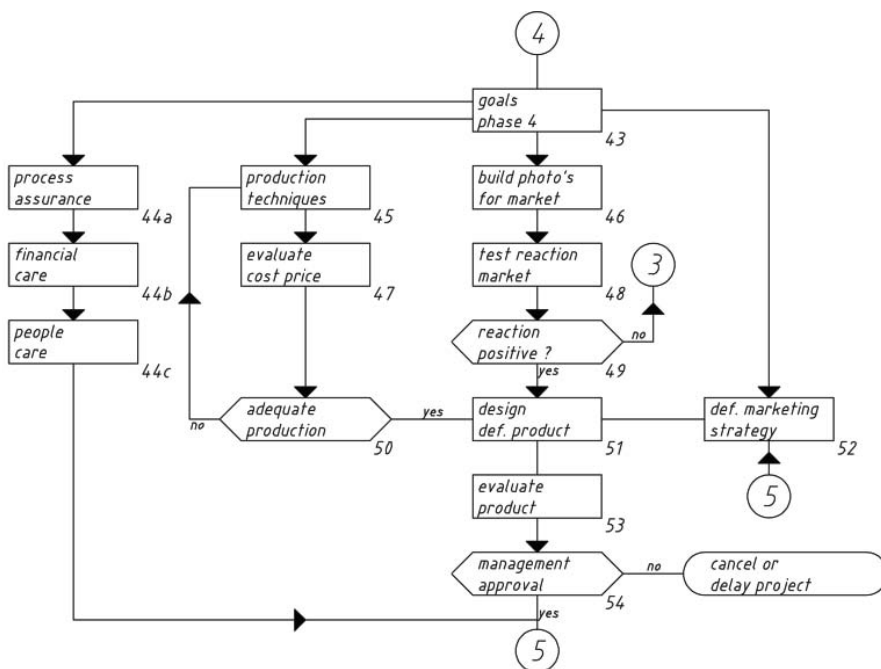


FIG. 99 Fase 4 van het Organogram van standaardproducten: alle activiteiten van de Definitieve Marketingsfase

43: DOELSTELLINGEN FASE 4

Het doel van de vierde fase is drieledig. Ten eerste betreffende de productiegerelateerde activiteiten om definitief vast te stellen welke mogelijke productiemethoden gebruikt zullen kunnen worden [intern en/of extern] om het product te laten vervaardigen, vervolgens om de daaruitvolgende kostprijs vast te stellen en om de definitieve productiekeuze te kunnen maken. Ten tweede betreffende de prototype gerelateerde activiteiten om definitief de marketing kansen van het prototypeproduct vast te stellen. En ten derde betreffende de marketinggerelateerde activiteiten om een marketing plan op te stellen met een strategie om het product op de markt te introduceren, daar een plaats te laten veroveren en te laten behouden.

44: FINANCIËEL MANAGEMENT

Er moet een budget worden geraamd, een tijdsplanning en personeelsbezetting worden gepland, alsmede externe kosten worden geraamd of geoffreerd indien een deel van de activiteiten door anderen dan het eigen personeel worden uitgevoerd. Deze activiteiten tezamen vormen de procesbewaking van fase 4.

45: PRODUCTIETECHNIKEN

De mogelijke productietechnieken worden nu definitief bestudeerd voor de samenstellende elementen, de subassemblage technieken voor het samenvoegen van elementen tot subcomponenten en de assemblagetechnieken om uit elementen en subcomponenten componenten te vervaardigen. Ook de transportmogelijkheden en de superassemblage op de bouw resp het monteren, installeren en afwerken op de bouwplaats behoren hierbij.

46: BOUW PROTOTYPES VOOR DE MARKETING

Een aantal prototypes moeten nu gebouwd worden voor presentatie naar de markt, op een wijze die een zinvolle presentatie mogelijk maakt en voldoende gegevens oplevert om daar een definitief marketing plan op te baseren. Het maken van presentatiemateriaal zoals foto's, video's, prestatie-mappen van het prototype met mogelijke toepassingsvarianten en voldoende technische ondersteuning behoort ook bij deze activiteit.

47: KOSTPRIJSEVALUATIE

Uit de gegevens van de meest geschikte productiemethoden van activiteit 45 en de benodigde materialen en seriegrootten kan een kostprijsberekening worden opgezet voor het product. De marketingactiviteit 48 zal de reactie geven op de marktprijs, zodat de winstgevendheid van het product kan worden beoordeeld.

48: TEST MARKTREACTIE

Uit de presentatie van de prototypes in fysieke vorm of in de vorm van afbeeldingen met beschrijvingen, persoonlijk (bezoek), groepsgewijs (dagdeel presentatie in symposium verband o.d.) of per branche (beursintroductie), kunnen de reacties worden opgetekend van de potentiële afnemers.

Deze personen worden benaderd nadat een hiërarchie is opgesteld van de routing die beslissingen aangaande het al of niet toepassen van het product zal volgen: bijvoorbeeld eerst de projectarchitect als bepaler van het type product, dan de opdrachtgever voor het productbudget, vervolgens de bouwkostenadviseur en mogelijk een bouwmanagementbureau die kwaliteit en prijs nog eens controleert voor de uitschrijving. Na de aanbesteding en gunning is het veelal de hoofdaannemer die semiautonom mag beslissen op welke van de concurrerende aanbiedingen hij zal ingaan, wetende dat de architect (soms) een voorkeur heeft en denkende aan zijn eigen winstpositie. In dit stadium wordt de onderaannemer of producent financieel nogal een uitgeknepen zonder dat de aanvankelijke beslissers er weet van hebben, of er iets aan kunnen doen. Alleen een directiestelpost houdt voor de architect een grotere zeggenschap in.

49: REACTIE POSITIEF?

De onder activiteit 48 ondernomen marketingtest die op verschillende deelmarkten kan worden uitgevoerd, wordt geëvalueerd. Indien er onvoldoende succes wordt geboekt, kan

een terugkoppeling plaats vinden naar de respectievelijke activiteit die het meest zinvol lijkt, meest waarschijnlijk uit fase 3. Indien een absolute negatieve reactie volgt, dan moet een herbezinning over de voortgang van het ontwikkelingsproject plaats vinden. Er kan ook een heroverweging gemaakt worden naar de deelmarkten en de beslissers en moet misschien de presentatiewijze worden gewijzigd. Het kan ook zijn dat er een meer gunstige gelegenheid moet worden afgewacht waarop potentiële afnemers beter of dieper kunnen reflecteren. Indien de reactie positief is zoals vermoed, dan doorgaan naar activiteit 51.

50: KEUZE ADEQUATE PRODUCTIE

Volgend uit de overzichten van de meest geschikte productiemethoden plus uitbestedingen en de geschiktheid van nevenproducenten of subproducenten om het product gelijktijdig te vervolmaken ['co-makers' met technische assistentie en respectievelijk aanzien], volgt de definitieve keuze van de productietechnieken en -routes. Sommige van deze keuzen hebben een vormgevingsconsequentie die moet worden gerelateerd aan de mogelijke marktreactie, bijvoorbeeld een vloeïend vormgegeven gietstuk te vervangen door een goedkoper maar hoekiger machinaal vervaardigd onderdeel.

51: VASTSTELLING DEFINITIEF PRODUCT

Uit de terugkoppeling van de marktreactie, de kostprijsstelling, de marktprijsstelling en de definitieve productietechnieken, volgt de definitieve vaststelling van het product.

52: DEFINITIEVE MARKETINGSTRATEGIE

Nu het product definitief is, de markt en deelmarkten bekend, de routes en hiërarchieën van beslissingen in kaart zijn gebracht, moet het marketingplan worden afgerond met de marketingstrategie die moet beschrijven hoe, waar, aan wie, wanneer en waarmee het product aan het grote beroepspubliek zal worden geïntroduceerd. Welke zijn de eerste activiteiten, welke de opvolgende activiteiten, welke de vangnetactiviteiten als er iets mis dreigt te gaan? Is er sprake van een grootschalige introductie, of juist meer projectgericht van een eerste 'pilot project' met flinke kortingen om in ieder geval op de markt te komen?

53: PRODUCTEVALUATIE

Nogmaals wordt het definitieve product met het definitieve marketing plan geëvalueerd, in aanwezigheid van de directie, het technische ontwikkelingsteam, de marketing mensen, de productiemensen en een ieder die straks zijn energie moet besteden om het product succesvol te laten zijn.

54: DIRECTIEGOEDKEURING

Als samenvatting van de voorgaande evaluatie zal de directie het sein moeten geven om de vijfde fase in te gaan van de feitelijke productie.

55: DOELSTELLINGEN FASE 5

De vijfde fase bestaat uit een eerste productie, al of niet gericht op een specifiek project, die als de uiteindelijke test wordt gezien van het technische product plus de marktreactie en uit de definitieve productie van het product dat hierna kan worden gelanceerd.

56: FINANCIËEL MANAGEMENT

Het financieel en organisatorisch management behoort in deze fase al te worden ondergebracht in de reguliere managementtaken van het bedrijf en niet meer een aparte ontwikkelingsprocesbewaking meer te zijn. In deze fase wordt zelfs de proefproductie al beschouwd als een deel van de fabrieksproductie, met alle aspecten daaraan verbonden.

57: EERSTE PRODUCTTOEPASSING [NULSERIE]

In deze activiteit behoort de productie en toepassing van de eerste al of niet betaalde proefproductie, die met de nodige zorg van het technisch ontwikkelingsteam en met de zachte bijstand van het marketingteam moet worden begeleid.

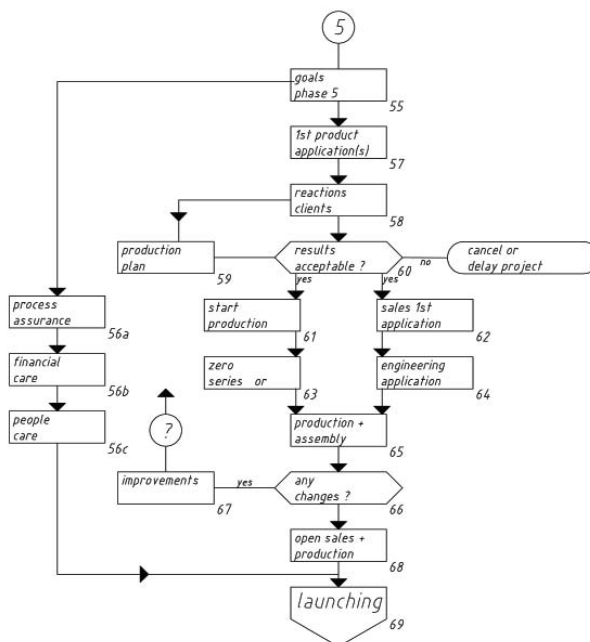


FIG. 100 Fase 5 van het Organogram van standaardproducten: alle activiteiten van de Product Fabricagefase

58: REACTIE AFNEMERS

Als terugkoppeling na de eerste nulserie toepassing van het product op werkelijke schaal en in een gebouw, worden nogmaals de reacties van de afnemers gepeild, en bezien of deze reacties enige wijziging brengen in het productmarketingplan.

59: PRODUCTIEPLAN

De definitieve productieomgeving wordt ingericht als een wijziging op de lay-out van de bestaande productie, of alleen de assembleruimte wordt gereserveerd indien de productie van elementen buiten de deur geschiedt en in huis alleen assemblage plaats vindt. Het kan ook zijn dat er een nieuwe faciliteit wordt ervoor geschapen, met alle bouwkundige, financiële en sociale consequenties vandien. Lokatie en logistiek van productie en transport moeten ook in deze fase worden vastgesteld.

60: RESULTATEN ACCEPTABEL?

Zijn de resultaten van de evaluatie van de afnemers van de eerste nulserie toepassing positief, of moet het product, de markt, de strategie of wat dan ook worden bijgesteld?

61: START PRODUCTIE

De werkelijke productie wordt gestart met een kleine en langzame aanloop of een grootschaliger aanpak als de directie en/of afnemers daarom vragen. Ook deze activiteit zal een organogram van verschillende activiteiten op zich vereisen, een discipline die moet volgen uit de discipline ontleend aan het volgen van dit organogram. We gaan er verder hier niet op in.

62: VERKOOP EERSTE TOEPASSING

Het contracteren van de eerste officiële order van een volledig betaald product waarbij de afnemers al dan niet op de hoogte gesteld worden van het feit dat zij de eerste afnemers zijn.

63: EERSTE TOEPASSING

Het produceren van de eerste producttoepassing laat voor de eerste keer zien welke subactiviteiten allemaal moeten worden doorlopen om het product uiteindelijk opgeleverd te krijgen. Deze enkele activiteit 63 bestaat op zich weer uit tientallen subactiviteiten die tot de gebruikelijke bedrijfsvoering horen om een product of producttoepassing te verkopen en te produceren.

64: ENGINEERING EERSTE TOEPASSING

Bij standaardproducten zal er een inzet van afrondende engineeringsactiviteiten benodigd zijn om de definitieve producttoepassing voor te bereiden. Overigens bestaat

er voor systeemproducten een ander organogram, met een systeemontwerpniveau en een systeemtoepassingsniveau. De systeemtoepassing heeft meer engineering nodig. En tenslotte geldt voor speciaalproducten dat daar nog de meeste engineering nodig zal zijn.

65: PRODUCTIE EN ASSEMBLAGE

Nu volgt de werkelijke productie van elementen, assemblage van elementen tot componenten en subcomponenten en de assemblage van elementen en subcomponenten tot componenten. Na het vervoer naar de bouwplaats vindt daar de superassemblage, de montage en of de installatie en afwerking plaats.

66: WIJZIGINGEN?

Komen uit de eerste toepassing nog behoeften aan wijzigingen aan product, proces, marketing of wat dan ook naar voren?

67: VERBETERINGEN

De aangevoerde suggesties worden bestudeerd, teruggekoppeld met de verantwoordelijke personen en doorgevoerd als verbetering van product, productieproces of marketing.

68: START OFFICIËLE VERKOOP EN PRODUCTIE

De officiële verkoop en productie kan nu van start gaan, via de inmiddels vastgestelde lijnorganisatie, het dealernet of welke route dan ook (bijv. in de bouw; producent - onderaannemer - hoofdaannemer - opdrachtgever - gebruiker)

69: LANCERING PRODUCT

Het startsein voor allerlei activiteiten betreffende een aangepaste publiciteitscampagne en alles wat benodigd is volgens het marketingplan om de productie op gang te krijgen en te houden.



09 SYSTEEMPRODUCT: HET KARTONNEN RUIMTEVAKWERKSYSTEEM

Systeemproducten komen heel vaak voor in de bouw. We spreken hier van materiële systemen. Verreweg de meeste bouwproducten die complexer zijn dan een eenvoudige baksteen, dakpan of moerbout (dat zijn standaardbouwproducten) zijn bouwsystemen. Een bouwsysteem is een geheel van samen functionerende onderdelen die in totaliteit een functie van een gebouwdeel vervullen. Bijvoorbeeld een kantoorgevel gemaakt van glas en aluminium is een gevelsysteem, bestaande uit aluminium profielen, rubberen afdichtingen, stalen ankerschoenen, hang- en sluitwerk voor de ramen en dubbelglaspanelen voor de glasvlakken. Het totaal heet een gevelsysteem. Het totaliteit dicht de gevel van een gebouw af, biedt doorzicht, ontvangt de warmte van de zon, houdt de wind, de regen en de sneeuw buiten. Doet wat een gevel in zijn totaliteit moet doen. Maar daarnaast is het ook een invulbaar en flexibel systeem: niet een speciaal ontworpen gebouwdeel. Wel een elders ontworpen systeem met onderdelen die in principe ontworpen en ontwikkeld zijn om in elkaar te passen en om als totaliteit op te treden, maar tevens de mogelijkheid hebben om steeds weer voor andere projecten met een ander gezicht anders uitgevoerd te worden. Niet alle keuzen van de samengevoegde elementen zijn dus finaal gemaakt. Maar de onderdelen passen wel op elkaar. Dat betekent dat een bouwsysteem in twee rondes ontworpen wordt. Allereerst wordt het ontworpen als principesysteem, waarbij de functie van het geheel bepalend is voor de functie, vorm en materiaalkeuze van de onderdelen, de systeemelementen en -componenten. We noemen die eerste ronde dan ook wel het systeemniveau. Als principesysteem wordt dat geheel van onderdelen ontworpen en ontwikkeld.

De tweede ronde begint als er een opdrachtgever of projectopdracht komt met een specifiek ontwerp in, specifieke gevraagde eigenschappen, in het geheel van het gebouw bepaald. Dat is de ronde van de toepassing, het toepassingsniveau. Beide rondes

ofwel niveaus van productontwikkeling doorlopen een aantal typische stappen die ook voortkomen in het organogram van standaardproducten. Maar dan anders, want nu is het geheel van de productontwikkeling gesplitst in twee rondes of niveaus, die elk 3 karakteristieke fasen hebben.

Dus er kan in de productontwikkeling van systemen onderscheid gemaakt worden in het:

- Systeemniveau en
- Toepassingsniveau.

Op systeemniveau onderscheiden we de volgende fasen:

- Systeemconcept;
- Voorlopige marketing;
- Prototype ontwikkeling.

En op het toepassingsniveau onderscheiden we de volgende fasen:

- Projectconcept;
- Projectprototype;
- Projectproductie.

Ten opzichte van het organogram voor standaardproducten heeft het tweede niveau geen definitieve marketing. Dat wordt vervangen door de directe eisen of wensen die de consumentarchitect of het project stelt. En dat zijn de ingangseisen voor de 1e fase van het projectconcept van het toepassingsniveau.

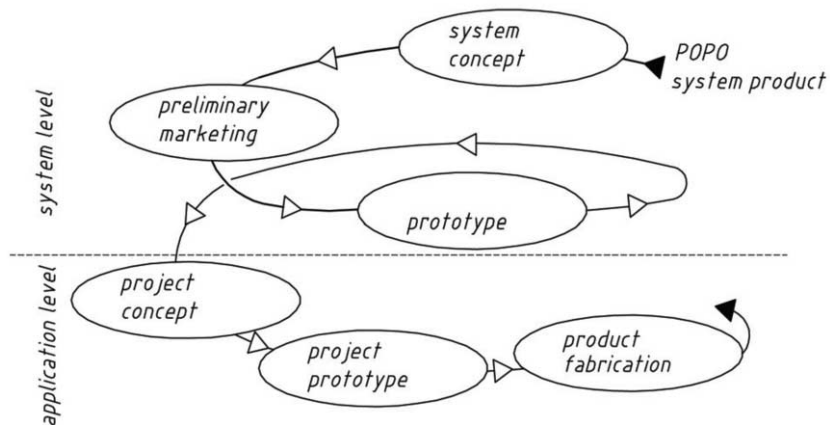


FIG. 101 De zes fasen van systeemproducten, verdeeld in 2 niveaus: bovenniveau betreft het ontwerpen van het systeem in de basis; onderniveau is de toepassing voor het betreffende project

Het komt ook voor dat een architect direct een nieuwe gevel bedenkt en dat ook als nieuw systeem meteen ontwikkelt. Voorbeelden zijn sommige projecten van UNStudio, Rem Koolhaas en Herzog & De Meuron. Daar wordt dan direct een nieuwe projectstelsel ontwikkeld, dat niet meer herhaald behoeft of zelfs mag worden. Dat is de houding van een architect voor een project met een ruim budget waarbij de ontwikkeling van de gevel meteen op een project kan worden afgeschreven. In het merendeel van de projecten wordt het systeem ooit wellicht door een architect geïnitieerd, overgenomen door producerende bedrijven en daar doorontwikkeld om in meerdere gebouwen gebruikt te worden. Zelf heb ik ook vaak op de vraag van een architect systemen ontwikkeld voor een enkel project, en gedupliceerd en veranderd in een tweede project, gemultipliceerd en als te variëren bouwstelsel behandeld in mijn eigen bedrijf. Voorbeeld is het Tuball-Plus beglaasd ruimtevakwerkstelsel van de koepel in Haarlem, initieel ontwikkeld voor architect Wiek Rölling in een toepassing die vanaf 1983 in de Haarlemmerhout staat. De ronde aluminiumbuizen van het koepeltje waren gextrudeerd met een soort T-profiel erbovenop inclusief een schroefgleuf. Zodat de glaspanelen erop in rubber gelegd konden worden en met lijsten aan de buitenzijde vastgeschroefd konden worden. Vlak erna heeft architect I.M.Pei uit New York me gevraagd een beglaasde luifel in een 'design & build' principe te ontwikkelen voor het Raffles City complex in Singapore, een geheel andere toepassing, maar waarbij ik de inmiddels voor Haarlem ontworpen en ontwikkelde details goed kon gebruiken. Zo ontstond het Tuball-Plus systeem, een ruimtevakwerk waarvan de staven aan de buitenzijde of bovenzijde een T-profiel op de ronde buis hadden, zodat daar glas op gelegd of gelijmd kon worden. In Singapore was de eis van I.M.Pei dermate abstract, dat het glas op de vlakke T-profielen met siliconen gelijmd kon worden, zodat de luifel met een lengte van 40m er uitziet alsof er één lange glasplaat overheen ligt. Na twintig jaar heeft de aanvankelijk geschroefde muziekkoepeel in Haarlem een upgrade gekregen doordat daar de glaspanelen nu ook met siliconen gelijmd zijn en de schroeflijsten aan de buitenzijde verdwenen zijn, zodat er naar de koepel kijkend kristallijn effect als een mooie briljant in een park is ontstaan.

START VAN HET PROJECT: 1

In de afgelopen jaren hebben wij bij Octatube vier verschillende kartonprojecten gedaan. Bij drie ervan was Shigeru Ban de architect van het project, het vierde was van de hand van mijn zoon Nils Eekhout als architect voor de hockeyclub Ring Pass in Delft. De eerste vraag kwam via Walter Spangenberg van ABT die als adviseur bij een project voor een 30 m diameter koepel ten behoeve van de mimegroep van Jeanette van Steen was betrokken.

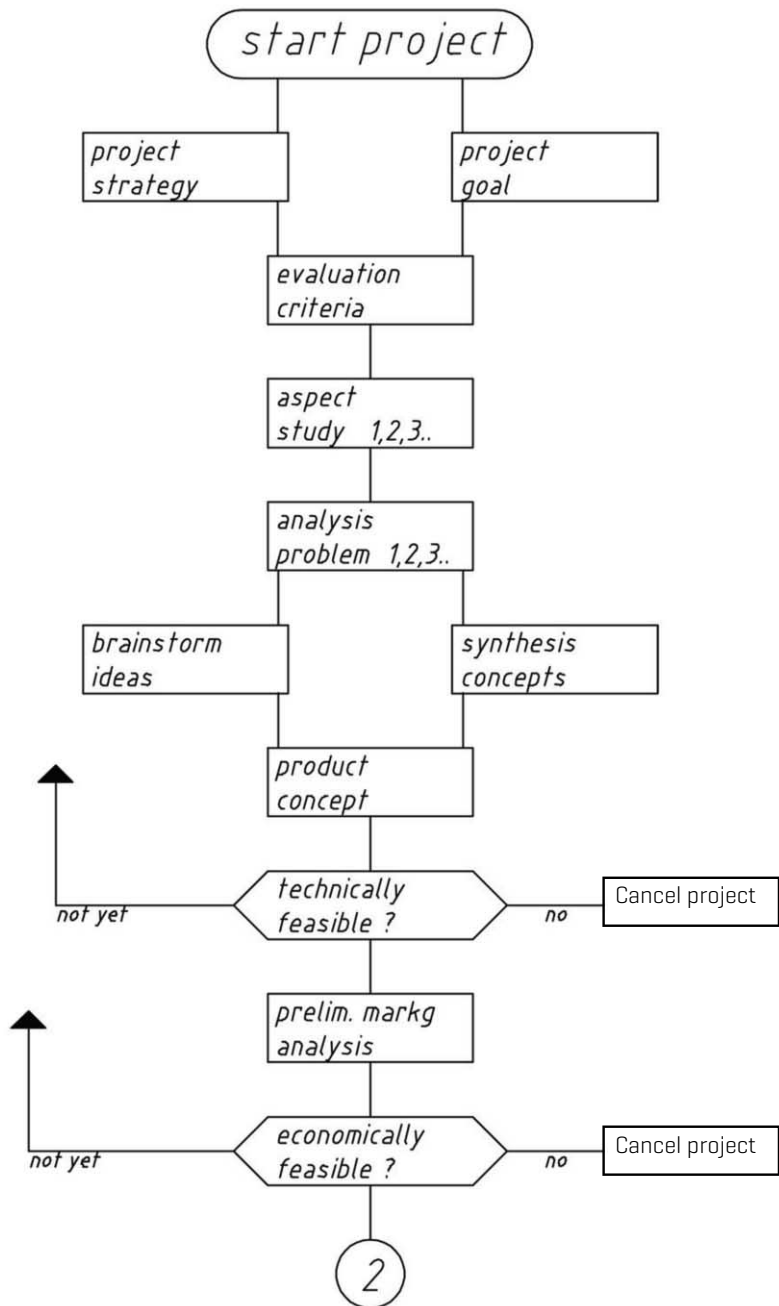


FIG. 102 Eerste fase van het systeemontwerpen: het concept

Als student Bouwkunde was ik destijds zeer onder de indruk en invloed van prof.ir. Dick Dicke, hoogleraar Toegepaste Mechanica. Hij gaf in een van zijn colleges een opgave om een onbekend constructief materiaal te ontwerpen. "Noem het peperkoek", zei hij, "Ik geef je hierbij een aantal arbitraire materiaaleigenschappen. Die moeten jullie beredeneren en dan tot een constructievoorstel komen", of woorden van een dergelijke strekking. Maar de opgave was de studenten los te maken van de bestaande materialen met de bekende eigenschappen en de mogelijke luiheid die daaraan gepaard zou kunnen gaan, ontkoppelen. Zo zag ik ook de mogelijkheden van het materiaal karton om in te zetten als constructief bouw materiaal. Dat onderzoek had een grote innovatieve aantrekkingskracht. Het gehele proces bestond allereerst uit het maken van een constructief systeem, inclusief alle mogelijke testen, om tenslotte te eindigen met de toepassing van de 30 m koepel in de eerste toepassing. Vervolgens kwam er een tweede toepassing, een derde gebaseerd op hetzelfde constructieve systeem, maar steeds met een andere basis. Tenslotte kwam de vierde toepassing gebruik makend van de ervaringen van de systeemontwikkeling, de drie eerste toepassingen. Jeannette van Steen had een inspirerende lezing van Shigeru Ban, bekend als kartonarchitect, in het NAI gevolgd [Ref. 28, 29]. Ze had hem daarna gevraagd om een ontwerp te maken voor een tijdelijk theater voor haar mimegroep op het nieuwe te bebouwen eiland IJburg. Ban had een ontwerp gemaakt naar een van de modellen van Richard Buckminster Fuller.

Daarna kwam de moeizame traject van de ontwikkeling, het beprizen, het financieren, het produceren en het realiseren van die koepel. Ban was ook de ontwerper van het Japanse paviljoen op de Wereldtentoonstelling 2000 in Hannover. Dat bestond uit een gebogen dek van over elkaar heen kruisende continue kartonnen buizen, afgedekt met een in de vorm toegesneden PVC membraan. Het verhaal ging dat het een recyclebaar materiaal was, uitstekend geschikt voor de tijdelijkheid van een slechts een half jaar lopende tentoonstelling. Het venijn was dat de Duitse ingenieur van het Hannover project geen gegevens wilde afstaan en Shigeru Ban's kantoor geen gegevens wilde of kon verstrekken uit voorgaande projecten, behalve twee Japanse pagina's waar niemand wijs uit kon worden. We moesten dus starten vanaf nul in de kennis. Opdracht ofwel uitdaging bij de start van dit project dat later bekend zou worden als de 'Paperdome', was dus om een 30 m koepel te ontwikkelen en te realiseren in karton, helemaal vanuit niets.

OPDRACHTDOELSTELLING: 2

Een constructief systeem te ontwerpen en te ontwikkelen en uiteindelijk te produceren en te realiseren voor een 30 m overspannende koepel die gebruikt gaat worden voor mimetheatervoorstellingen en wel grotendeels met behulp van karton als bouw materiaal volgens het schetsontwerp van Shigeru Ban, in de wetenschap dat de koepel eenvoudig demontabel moet zijn en remonteerbaar.

PROJECT STRATEGIE: 3

De strategie is het pad of de weg die gevolg zal gaan worden om het doel te bereiken. Wetend dat er geen gegevens uit eerdere soortgelijke projecten zouden worden ontvangen,

diende er vanaf het basis niveau van karton als basismateriaal, uitgezocht te worden welke vorm dat kanton zou moeten hebben, vlakvormig of staafvormig, massief of met een holle stafvorm. Dat materiaal diende efficiënt geproduceerd te kunnen worden, want de beschikbare kosten hadden niet meer dan een gebruikelijk laag niveau. Dus industrieel geproduceerd karton. Vervolgens diende er een ontwikkelingsfase gevolgd te worden van nogal materieel-fundamenteel onderzoek, waarop niet alleen de karakteristieken van de elementen onderzocht diende te worden, ontwikkeld tot het niveau van betrouwbaarheid en uiteindelijk van het niveau van certificatie, zodat de opdrachtgever en het publiek en de overheid zeker zou zijn van de betrouwbaarheid van het ontwikkelde en gerealiseerde bouwsysteem. Dat gold met name ook voor het ontwikkelen van de verbindingen: die zouden in lijn met het gebruik van karton ook van een soortgelijk materiaal gemaakt dienen te worden. Het eind van het systeemniveau zou zijn het combineren van het kartononderzoek, het onderzoek van de verbindingen en het toepassen van de kennis van koepels. Octatube had over de gehele wereld al ongeveer 30 verschillende koepels ontworpen en gebouwd. Dus de geometrie, het produceren en bouwen was ons bekend en kon dus in dit geval uit eigen kennis en inzicht worden aangevuld worden. Vervolgens dienden deze twee zaken verbonden te worden; karton en koepels en een demontabele uitvoering. En dan volgde de projectengineering, de uitvoering, de productie en het bouwen. Het was immers een 'design & build' opdracht, in dit geval met een sprong in het diepe wat betreft de materiaaleigenschappen van karton. Over de auteursrechten van het designdeel hebben we het toen niet gehad, maar die zouden ook vanzelfsprekend volgen. Van de zijde van het bureau van Shigeru Ban werd hieraan toegevoegd dat er wellicht meer opdrachten zouden komen indien er een succesvol systeem zou worden ontwikkeld. Een wortel aan een hengel die we niet zeer serieus namen.

EVALUATIECRITERIA: 4

Vanaf verschillende zijden waren er verschillende sets van criteria die zouden beschrijven hoe een succesvolle oplossing eruit zou zien. De opdrachtgever verwachtte een kartonnen Shigeru Ban ontwerp met bescheiden, veroorloofbare kosten. Ban verwachtte mogelijk [ik speculeer] een oplossing die hem geen hoofdbrekens of verdere uitleg aan zijn opdrachtgever kostte en die zou ontwikkeld worden zonder veel van zijn energie, waarop hij dan later zijn auteursstempel zou kunnen zetten. Octatube verwachtte een lang, onzeker ontwikkelingsproces waarna een kartonnen koepel zou kunnen worden gerealiseerd. Die hopelijk niet lang zou duren en niet veel duurder zou uitpakken dan een stalen koepel in dezelfde geometrie. En die de moeite van een technische innovatie waard zou zijn. Een nieuwe richting gekoppeld aan een bekende architect. Zo had iedereen zijn eigen gedachten over een mogelijk succesvol einde. Indien we het einde niet zouden halen, was dat omdat het kartonnen materiaal niet genoeg mogelijkheden zou hebben geboden, het proces van materiaalontwikkeling te lang en de duur zou blijken of indien we met Shigeru Ban en Mick Eekhout als twee kapiteins op een schip er niet uit zouden komen. De kans op falen was, zoals in veel productontwikkelingsprocessen, vele malen groter dan de kans op succes. Maar dat versterkt juist de motivatie om dit boek te schrijven en de succesfactoren te versterken ten opzichte van de faalrisico's. In het algemeen is het dus heel leerzaam om dit onderdeel maar eens in te vullen voordat men aan een proces begint. Achteraf invullen betekent

altijd de waarheid naar je hand zetten. Eerlijke evaluatiecriteria opschrijven aan het begin, betekent ook meer rechtlijnigheid in het ontwikkelingsproces, dat toch redelijk wispelturig en onvoorspelbaar zal zijn. Het voorkomt ook een verkeerde procesweg in te slaan door een andere uitkomst te ontwikkelen en die met kronkelige redematies goed te praten.

FINANCIËLE ZORG: 5

Het eerste traject van het concept werd gefinancierd door het eigen design & build bedrijf op basis van 'no cure no pay'. Ik was er helemaal niet zeker van dat er in mijn bedrijf een oplossing zou kunnen worden gevonden. En als je voor een experimentele vraag van een kartonnen koepel geen betrouwbaar antwoord kunt ontwikkelen, dan behoef je daar een opdrachtgever niet geheel op aan te kijken. Daarnaast was anders dan anders, de mimegroep van Jeannete van Steen, niet vermogend en kon ze pas geld uit subsidiepotten krijgen voor de bouw van de koepel, indien er een realistisch plan gepresenteerd werd. Uit affiniteit met kunstenaars zijn we op die manier in de boot gestapt. Niet verstandig misschien, maar we doen allen wel eens onverstandige dingen. Financiering dus uit eigen vermogen van Octatube. Gewoonlijk is het verstandig het risico van het uitwerken van de opdracht in dit soort situaties netjes te delen met de opdrachtgever, dus een offerte te maken, een raming van uren en kosten en die bijvoorbeeld 50/50 te delen. Dat is althans een advies dat in dit boek thuis hoort. Die financiële zorg wordt begroot uit een schatting van inzet van personeel. We hebben hiervoor al meer dan 30 koepels gebouwd in aluminium en in staal, gewoonlijk in een driehoeksgeometrie, omdat die in principe zeer stabiel is en dus weinig materiaal vraagt. De afdekking geschiedde soms met tentmateriaal, in andere gevallen met glaspanelen of metalen sandwichpanelen. Praktisch al die koepels zijn gerealiseerd in het tijdperk van het handwerk, vóór de invoer van de computer met de aanverwante reken en tekenprogrammatuur, waardoor met name in de engineering nauwelijks fouten in de geometrie meer worden gemaakt. Het uitvoeren van een koepel in een geodetische Buckminster Fuller geometrie, zoals voorgesteld door Shigeru Ban, zou ons niet veel moeite kosten, een gewoon project. Maar de onbekendheid was in dit geval het draagvermogen en de sterkte van de kartonnen buizen en de materialisering van de knooppunten. Dus er gloorde fundamenteel onderzoek op het gebied van kartonnen buizen en de daarmee samenhangende inzet van een aantal constructief ontwerpers en laboratoriumtests van de kartonnen buizen en mogelijk gold hetzelfde voor de knooppunten.

ASPECTSTUDIES: 6

Hierna volgde het onderscheid in verschillende ontwikkelingsaspecten. In dit geval was dat beperkt tot een klein aantal overzichtelijke aspecten:

- Koepelgeometrie;
- Kartonnen buisstaven;
- Knooppunten;
- Membraanafdekking;
- Demontabele fundering.

Van elk van die 5 aspecten werd de navolgende cyclus doorlopen:

- Analyse;
- Brainstorm;
- Synthese en
- Concept.

ASPECTSTUDIE 6.1: KOEPELGEOMETRIE

Het ontwerp van Shigeru Ban voorzag in een geodetische koepel, zoals we die kennen van Richard Buckminster Fuller die er in de jaren 50 tot 80 van de twintigste eeuw honderden heeft gebouwd. Deze koepelvorm is afgeleid uit een 'icosaëder', een ruimtelijk lichaam met 20 gelijkzijdige driehoeken. Icosa is 20 in het Grieks en het Latijn. Een twintigvlakig lichaam dus. In principe worden er voor daken slechts 5 van de 20 driehoeken ingezet, in een onderverdeling van kleinere driehoeken. De vroegere Aviodome op Schiphol en de Autodome in Raamsdonkveer hadden een dergelijke geometrie.

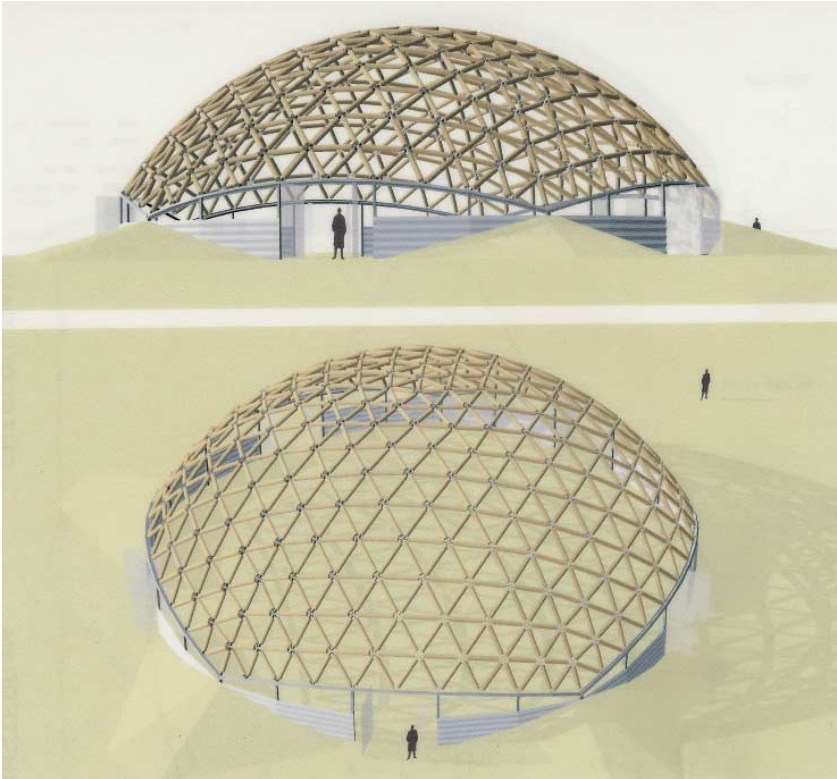


FIG. 103 Een computertekening van de ontworpen koepel in 10 frequentieonderverdeling

KARTONNEN BUISSTAVEN: 6.2

Het koepelontwerp van Shigeru Ban bestond uit staven in een driehoeksverband. In het Japans paviljoen van Hannover had Ban ronde kartonnen buizen gebruikt die, in 3 richtingen over elkaar heen kruisend, waren vastgebonden in gebogen situatie. Voor de staven lag een ronde buisvorm zeer voor de hand.

KNOOPPUNTEN: 6.3

De Octatube koepels in het verleden door Octatube ontworpen, geëngineerd, geproduceerd en gebouwd over de gehele wereld hadden alle twee typen knopen: een plaatvormige knoop in het Octatubetype of een ronde bolvormige knoop in het Tuballtype. Constructief was het verschil dat de plaatvormige knopen twee boutverbindingen in verticale zin boven elkaar hadden en dus een buigend moment konden overbrengen, terwijl de bollen een enkele axiale boutverbinding hadden. De keuze voor een grote overspanning was uiteraard de knoop met een capaciteit om een buigend moment over te brengen, omdat op grotere overspanningen de hoeken tussen de staven klein wordt, het gevaar van doorknikken wordt groter, hetgeen leidt tot instabiliteit. Bovendien wisten we nog niets over de constructieve capaciteit van de ronde kartonnen buizen. Het materiaal dat in de gebruikelijke knopen voor die koepels gebruikt werd, was soms aluminiumplaat, maar gewoonlijk staalplaat. Dus knopen, gelast uit een aantal metalen platen die in hoeken ten opzichte van elkaar waren gelast om precies aan te sluiten bij de staafrichtingen.

MEMBRAANAFDEKKING: 6.4

De redenatie gaat geheel uit van een kartonnen buizenconstructie en niet van de afdekkende tent, omdat die tent niet zo bepalend is voor de geometrie. De tent zou op zich weer worden opgebouwd uit driehoeken, met boven elk knooppunt een punt naar boven waardoor de tent goed te spannen zou zijn.

DEMONTABELE FUNDERING: 6.5

Elk bouwwerk dat demontabel moet zijn, heeft een fundering, die bij voorkeur ook demontabel moet zijn. Voor een koepelconstructie zullen er behalve drukkrachten op de fundering ook trekkrachten zijn en afschuiving door horizontale wind. Dat houdt in dat de fundering, indien demontabel en betrekkelijk lichtgewicht een combinatie zal gaan worden van betonnen platen voor druk, stalen constructies voor de verticale diepte en trekankers voor de trekkrachten. Dergelijke funderingen zijn vaker gemaakt zoals voor de tentkoepel van het Autotron, dat inmiddels driemaal verplaatst werd en de Veronica Muziektent, die na 30 jaar nog steeds elke maand in een ander stadplein wordt opgebouwd. De tent heet tegenwoordig 'TROS Muziekfeest op het plein'.

ANALYSE: 7

Van elk deelaspect wordt een analyse gemaakt van de problemen die opduiken en moeten worden opgelost, of waarvoor onderzoek dient te worden gedaan, alvorens een geschikt ontwerp kan worden gemaakt, uitgewerkt in een betrouwbare engineering.

ANALYSE KOEPELGEOMETRIE: 7.1

De koepelgeometrie van Shigeru Ban was afgeleid van een 16-frequentie isosaëder. Buckminster Fuller heeft de geodetische koepels populair gemaakt. In de jaren 70 had dat grote aantrekkingskracht omdat dit betekende 20 dezelfde onderdelen die gemakkelijk te produceren waren. Echter bij de verplichte schaalvergroting van een kartonnen model van 200 tot 300 mm in de hand, of een lamp naar een gebouw, zouden die gelijkzijdige driehoeken opgedeeld moeten worden in grote panelen of druk- en trekstaven die elk weer minimaal van vorm en produceerbaar zouden moeten zijn. De bouw heeft zijn dimensies waarmee rekening gehouden moet worden. Dus is het logisch dat de gelijkzijdige driehoek wordt onderverdeeld door elk van de drie zijden doormidden te delen en die zijden te verbinden. Zo ontstaat een 2-frequentie icosaaëder met 3 driehoeken in de punt en één driehoek midden in het veld. Om die opdeling dan ook weer in principe als constructie te kunnen gebruiken. Dan worden de drie middenpunten van de zijden van de oorspronkelijke driehoek iets opgedrukt om weer op een omgevende bol te liggen. Zodoende krijgen de knooppunten en vlakken een hoek met elkaar, die meer vormstijfheid geeft en dus als constructie niet op buiging hoeft te worden belast, maar op trek of druk belast blijft: nog steeds een minimale constructie. Zo kan men verder gaan en die 4 driehoeken in 2 groottes weer onderverdelen in een dubbele onderverdeling die dan ook de 4-frequentie geometrie wordt genoemd. Het is duidelijk dat door de toenemend verfijning er een groter oppervlak kan worden gemaakt. Indien de hoekpunten alle op een omgevende bol geprojecteerd blijven, is de koepelgeometrie in principe zeer stabiel. Er zullen wel steeds meer verschillen ontstaan in de lengten van de staven of buizen, de knooppunten en de driehoeksvlakken.

ANALYSE KARTONNEN STAVEN: 7.2

De kartonindustrie heeft voor het produceren van ronde buizen een uitstekende industriële productiemethode ontwikkeld. Er is een roestvaststalen ronde doorn waar overheen trapsgewijs 1 mm dun papier wordt gewikkeld onder toevoeging van lijm. Kenmerkend is dus de binnendiameter vanwege de doorn. De wanddikte kan betrekkelijk variabel worden aangebracht. Elke laag papier en lijm is zo'n beetje 1,0 mm dik. Een andere doorsnede dan rond, bijvoorbeeld vierkant is heel moeilijk, geeft discontinuïteit bij het rollen om de doorn en is minder betrouwbaar als uitgangspunt voor de staven. Maar er waren geen technische gegevens van de kartonnen buizen beschikbaar vanuit het Hannover project uit 2000, noch direct van het bureau van Ban op het vlak van het gedrag van de ronde kartonnen buizen als netwerkstaven. Die kennis moest dus geheel van nul af aan ontwikkeld worden.

ANALYSE KNOOPPUNTEN: 7.3

In een kartonnen constructie passen natuurlijk stalen knopen niet. Het ontwerp van de constructie in zijn geheel zou op zijn minst van gelijksoortige materialen moeten kunnen zijn. Dus zouden er kartonnen knopen of houtachtige knopen ontwikkeld moeten worden, dat was de uitdaging hier. In lijn met de wens naar uiteindelijke recycling van karton, is staal uiteindelijk ook recyclebaar, maar het zou beter zijn, filosofisch gesproken, om een knooppunt met een kartonachtige, recyclebaar samenstelling, zoals een kartoncomposiet te voorzien.

ANALYSE MEMBRAANAFDEKKING: 7.4

De membraanafdekking ligt voor de hand omdat die een ineens waterdichting geeft boven de koepel en de kartonnen constructie afschermt tegen de invloed van regenwater. Er is echter nog wel bij een enkelvoudige huid de mogelijkheid van condens. Een enkele membraan isoleert niet goed genoeg voor flexibel gebruik, kan dus zowel in de zomer oververhitting en benauwdheid zorgen en in de winter voor een grote koudeval. Tenslotte is de toesnijding van de membraan, de wijze waarop het totale dakmembraan is samengesteld uit strippen, of in dit geval wellicht van driehoeken, altijd een belangrijk onderdeel van het ontwerp en zeer zichtbaar.

ANALYSE DEMONTABELE FUNDERING: 7.5

De fundering is het resultaat van de optredende belastingen op de koepel zoals wind en sneeuw, het eigengewicht, hetgeen door de netwerkgeometrie van de koepelconstructie resulteert in specifieke reactiekrachten aan de onderzijde van, in dit geval heel logisch, de 5 voetpunten van de 5 oerdriehoeken, die onderverdeeld zijn. Anderzijds is de samenstelling van de grond ook een gegeven. De resultaten van de verwachte reactiekrachten zullen min of meer verticale drukkrachten en trekkrachten en min of meer horizontale afschuifkrachten zijn.

De draagkracht van de betonplaten op druk de trekankers op trek en de ribbels onder de betonplaten voor horizontale afschuiving zijn anders op een zandbed of in een veengrond situatie. De fundering is onderdeel van de constructieve analyse van de koepel. Daarmee is voor elk van de aspecten de te bestuderen of te onderzoeken onderwerpen in kaart gebracht en kan het denken over oplossingen beginnen.

BRAINSTORM: 8

In het algemeen worden voor alle informatie eerst de beschikbare informatie en kennis verzameld en ook mogelijke alternatieve oplossingen. Nadat die informatie op tafel ligt, zijn er mogelijk nog nieuwe inzichten die een creatief ontwerper met overzicht, ervaring en verstand van zaken kan bedenken. Gewoonlijk moet die informatie dan een tijdje indalen en via geconcentreerd denken en beschouwen, soms diep in de nacht en dromend, komen er flitsen op die een nieuwe oplossing bieden. In andere gevallen kunnen

brainstormgesprekken waar mensen elkaar uitdagen en elkaar bestoken met op het eerste gezicht maffe ideeën die tenslotte tot nieuwe oplossingen leiden.

BRAINSTORM KOEPELGEOMETRIE: 8.1.

Het is logisch dat het ontwerp van Shigeru Ban met een zeer hoge geometrie, namelijk een 16-frequentie geometrie, als te frequent werd gezien door Octatube. Het zou inhouden dat er staven zouden komen met een lengte van 1 m en ontzaglijk veel knooppunten. Het aantal knopen zou de prijs sterk bepalen. Voor Ban gold hoe meer karton hoe beter, maar hier moest een optimum worden gezocht. Voor het Autotron in Drunen, later verplaatst naar Rosmalen, heb ik ooit een 40 m grote koepel gemaakt met stalen buisvormige staven van 6 m. Achteraf bleek die nogal grof. Maar een kleinere frequentie zoeken dan Ban bedoelde was geen slecht idee. Het aantal knopen wordt kwadratisch verlaagd. Heeft dus een grote invloed op de kosten. Mijn tegenvoorstel was een 8-frequentie geometrie. Daar was Ban het ook weer niet mee eens, dus uiteindelijk eindigde dat in een 10-frequentiegeometrie van een geodetische bolvorm die bestaat uit 5 gelijkvormige oerdriehoeken.

BRAINSTORM KARTONNEN BUISSTAVEN: 8.2

De buizen van de koepel zijn in de geschiedenis van Octatube altijd van aluminium of staal geweest. Die materialen maken dat de buizen licht, slank en sterk zijn. De staven worden in een driehoeksgeometrie altijd ofwel op trek ofwel op druk belast. Gewoon een ruimtelijk vakwerk met trekstaven en drukstaven. Dat zou de functie ook in dit geval van de kartonnen staven moeten zijn. Hoe hoog zou de draagkracht van kartonnen buizen kunnen zijn? Zouden ze de staafkrachten in de geometrie van de 30 m koepel halen? En welke constructieve veiligheidsfactor zouden we dan toepassen? Toch zeker hoger dan bij bekende materialen als staal of aluminium? Hoe zouden we de buiseinden, aansluitend op de knooppunten kunnen maken? Kartonnen ronde buizen lagen zeer voor de hand als staafvorm omdat die industrieel werden vervaardigd. Voor kartonnen buizen die gebruikt worden in de tapijtindustrie zijn die buizen 4,5 m lang [iets langer dan de tapijtbreedte] en 5 mm dik, dat voldoet. In dit geval dachten we meer aan een wanddikte van 20 of 30 mm dikte, maar opgebouwd op een zelfde standaardbinnendoorn. Waar zouden we sterke buizen vandaan kunnen halen? Welke fabriek levert de sterkste buizen? Want de lijm in de wikkelingen verzwakt het papiermateriaal. We ontdekten dat alle buizen van diverse kartonnen buisproducenten snel in een drukbank bezweken op de diagonale, spiralende verbindingen. Na 3 maanden proeven doen in het laboratorium [ik spring even naar verder op in de ontwikkeling, namelijk het testen] waren we de wanhoop naderbij. Op een Boosting avond in Schiedam zat ik, geheel tegen mijn gewoonte, als eerste aan de bar op de Boosting vrienden voor de jaarlijkse nieuwjaarsborrel te wachten, toen industrieel ontwerper Friso Kramer binnen kwam. We raakten aan de praat over mijn queeste voor constructieve kartonbuizen. Friso heeft zijn leven gevuld met het denken over en ontwerpen van meubels, tafels, stoelen, tekentafels, buitenverlichting. Hij was gewend aan incrementele ontwikkeling, en stapje voor stapje maar wel elke keer een klein slim stapje. Dus de oude vos en de jonge vos praatten over het probleem van de gewenste sterkte van kartonnen buizen, die nog niet in zicht was. Ineens zei hij: "Als je nou een kartonnen buis

aan de buitenzijde voorzien van melamine (het in hard gedrenkte bovenpapierblad van zijn geperste tafelbladen) dan is die buis veel sterker”, of woorden van dergelijke strekking. Die oppepper zal ik nooit vergeten. “Ja maar dan is karton vanwege die buitenste laag niet meer recyclebaar”, antwoordde ik. “Kan jou dat nou schelen” zei de oude vos. Het gaf me voldoende energie om door te gaan. Uiteindelijk bleek er maar één fabrikant te zijn die van primair papier en goede lijm stevige, eigenlijk de beste kartonnen buizen maakte: Sonoco uit Duitsland.

De ontwikkeling van de buiseinden is weer een ander verhaal, waarin ook de essentie van de vinding is verscholen. Aanvankelijk is er veel constructief drukonderzoek gedaan om te zien toe de kartonnen buizen op druk zouden bezwijken. Daarna is er een grote serie trekproeven gedaan waarbij de einden van de buizen met bouten werden verbonden met een eindstuk. Daar bleek dat het karton snel scheurde, dus dat een boutverbinding niet zeer geschikt zou zijn om de buiseinden met een eindstuk te verbinden. Het verlijmen van het eind van de buis met een koppelstuk zou betekenen dat alleen de buitenste of de binnenste papierwikkeling zou worden gelijmd aan het koppelstuk en verder zou de industriële lijm van het wikkelen van de papierlagen de afschuifverbinding moeten opbrengen. Die lijmlaag was veel te zwak voor dat doel en dat idee scheen onuitvoerbaar.

De brainwave kwam van Luis Weber, hoofdconstructeur van Octatube, om de buiseinden op te sluiten tussen twee koppelstukken en deze door middel van een trekstang inwendig te verbinden en voor te spannen. Zodat de kartonnen buis op druk zou worden voorgespannen, er geen boutverbindingen nodig zouden zijn en elke op druk belaste buis evenveel trek zou kunnen opnemen als de aangebrachte voorspanning op druk.

De buiseinden zijn in de projecten met kartonnen buizen steeds gemaakt in thermisch verzinkt staal, omdat daarin veel ervaring was en omdat daarvoor rekenregels en normen voor waren. De toegemeten tijd voor de ontwikkeling van de buiseinden stond niet toe om ook hier mee te experimenteren. Het werken met karton en staal was alleen uit zeer praktische overwegingen begrijpelijk. Uit materiaaltechnische overwegingen zou een kneedbaar, recyclebaar materiaal de voorkeur verkiezen, bijvoorbeeld te maken uit een kartoncomposiet of uit hout. Die tijd ontbrak, maar de ambitie bleef als onvervuld verlangen.

BRAINSTORM KNOOPPUNTEN: 8.3

De knooppunten of koppelstukken tussen de kartonnen buizen zijn ook gemaakt van verzinkt staal. Hadden ook gemaakt kunnen worden uit aluminium. Maar hoewel dat materiaal zwakker en lichter is dan staal, heeft het dezelfde ecologische eigenschappen van een hoge energetische voetprint. In drie projecten is teruggevallen op plaatvormige geboute knooppunten die bij Octatube eerder in projecten waren gebruikt in verzinkt staal, boutbaar op de platte staafeinden. In het vierde project van het Delftse Ring Pass Clubgebouw is gebuikt gemaakt van het Tuball systeem in aluminium. Duidelijk is dat hier nog een grote sprong gemaakt dient te worden in toekomstige projecten, in een verdere projectonafhankelijke ontwikkeling (bijvoorbeeld in een afstudeerproject) om knooppunten te ontwikkelen in een kartonachtig, papierachtig of houtachtig composiet dat een lage

energetische voetprint zou hebben, mogelijk universeel herbruikbaar zou zijn of indien dat niet het geval zou zijn, op zijn minst recyclebaar. Zover is het in dit project dus niet gekomen. De ambitie blijft.

BRAINSTORM MEMBRAANAFDEKKING: 8.4

De huid om de koepelconstructie diende eenvoudig waterdicht te zijn, er werden geen akoestische eisen gesteld, geen hoge bouwfysische eisen. De koepel zou immers slechts tijdelijk gebruikt worden en de eerste gebruiker was de mimegroep van Jeannette van Steen, dus geen problemen met de akoestiek. In het verleden waren er enkele koepels afgedekt met een tentconstructie boven een enkellagig ruimtevakwerk. Dat in dit geval een kartonnen ruimtevakwerk gebruikt zou worden, had geen invloed op de gedachten over de huid. Het idee was al eerder gebruikt: loodrecht op de knooppunten een opschroefbare drukstaaf met een schotel aan het eind, waar overheen het membraandoek geconfectioneerd zou zijn en zou kunnen worden opgespannen. Het tentvlak zou geconfectioneerd kunnen worden in driehoeken die aan de uiteinden toegesneden zouden moeten worden om de welvingen van de opgespannen schotels nauwkeurig te volgen.

Koepels hebben een zeer slechte zaakakoestiek. Alle geluid komt immers samen in het centrum van de bolkoepel. De ervaringen met de muziekkoepeel in Haarlem [1984] toonden aan dat de orkestleden in de Haarlemmerhout beter naar buiten konden toeteren dan binnen in orkestformatie te spelen. Ze konden elkaar niet horen. Ingeval er wel akoestische eisen vanwege de binnenakoestiek zouden worden gesteld, zou een tweede ondergehangen membraan met isolatie als akoestisch dempend materiaal kunnen worden ingezet.

Er is ook sprake geweest van een tweede huid over de eerste, een betere isolatie, maar in principe nog steeds niet goed genoeg om de geluidsoverlast naar buiten toe te verminderen. Een lichtgewicht, door schijnende huid heeft immers geen geluidsisolerende werking omdat de massa ontbreekt. Dat betekent duidelijk een nadeel bij een mogelijke herplaatsingen.

BRAINSTORM DEMONTABELE FUNDERING: 8.5

Een demontabele koepelconstructie heeft ook een demontabele fundering nodig. De belastingen vanuit de koepel op de bodem worden onderscheiden in verticale drukkrachten, verticale trekkrachten en horizontale schuifkrachten vanwege de wind. Op zich heeft de koepel een zeer gesloten krachtenspel, dus geen grote spatkrachten. De fundering zou moeten bestaan uit grote betonnen platen om de drukkrachten op de zandbed onder de fundering over te leiden, trekankers in de vorm van schroefankers die een kegel van grond zouden activeren om de trekkrachten te neutraliseren, en ribbels onder de voetplaat om tegemoet te komen aan horizontale schuifkrachten. Alle componenten samen te voegen met een tetraëdervormig staalskelet waaraan alle onderdelen konden worden gebout.

ASPECTSYNTHESE: 9

Alle betrokken aspecten: koepelgeometrie, kartonnen buisstaven, knooppunten, membraanafdekking en fundering worden tenslotte in een synthese, een oplossing geformeerd, die het resultaat is van analyse, [kennis, inzicht en kunde van ontwerpers] en brainstorm, eindigend in aspectsyntheses.

ASPECTSYNTHESE KOEPELGEOMETRIE: 9.1

De heel verfijnde koepelgeometrie die Shigeru Ban wilde, de 16 frequentie werd naast de 8 frequentie koepel gelegd uit de kokers van Octatube en tenslotte kwam er als een soort compromis een 10-frequentie geometrie uit. De staven werden zo'n 1,5 m lang.

ASPECTSYNTHESE BUISTAVEN: 9.2

De kartonnen buisstaven zouden voorgespannen worden door middel van een centrale, niet met het blote oog zichtbare centrale trekstaaf, die ten gevolge heeft dat er tussen de staafeinden en de kartonnen schacht geen bouten behoeven te worden gebruikt. De staafeinden hebben vlakke platen in de as van de buis, die met een plaatvormige knoop kan worden verbonden.

ASPECTSYNTHESE KNOOPPUNTEN: 9.3

Voor de knooppunten is een keuze gemaakt uit een bestaand systeem waarmee Octatube al sinds 1983 koepels bouwt: een centrale stalen buis met 5 of 6 stalen plaatvormige aangelaste vleugels met een boutpatroon dat overeenkomt met het boutpatroon op de buiseinden. Verbinding met dwarse bouten. Helaas was er geen tijd om een diepere studie te doen naar een ander materiaal dan staal of aluminium voor de knopen en staafeinden, simpelweg omdat er zoveel tijd verloren was gegaan met het zoeken en testen van kartonnen buizen, zodat er geen tijd en aandacht over bleef voor een alternatief knooppuntmateriaal, zoals geopperd van een houtachtig of kartonachtige composiet.

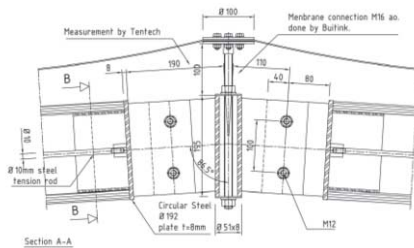


FIG. 104 Doorsnede en bovenaanzicht van het ontwikkelde knooppunt met de inwendige trekstang die voorgespannen wordt bij de staafassemblage, waardoor het karton op druk wordt belast en ook de verbinding tussen karton en kopplaat op druk wordt belast. In het constructief functioneren kan er evenveel trek optreden voordat het systeem niet meer werkt

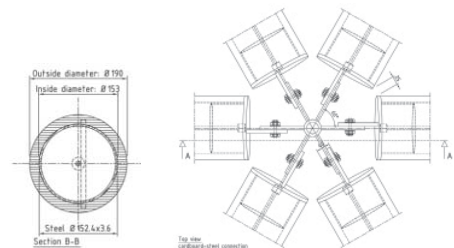


FIG. 105 Boven-aanzicht van hetzelfde knooppunt

ASPECTSYNTHESE MEMBRAANAFDEKKING: 9.4

De membraan zou boven de kartonconstructie moeten worden aangebracht. In een aantal delen, die ter plaats aaneen gebout zouden kunnen worden om de membraandelen hanteerbaar tijdens de montage te laten zijn.

ASPECTSYNTHESE DEMONTABELE FUNDERING: 9.5

De demontabele fundering te maken met de volgende ingrediënten: betonnen platen (stelconplaten of dergelijke), een stalen skelet, boorbare trekankers en zand waarvan het eigengewicht wordt gemobiliseerd als tegengewicht ten behoeve van de verticale trekkrachten.

ASPECTCONCEPTEN: 10

Uit de voorgaande ontwerprondes volgen nu voor elk van de 5 aspecten de afzonderlijke aspectconcepten.

ASPECTCONCEPT KOEPELGEOMETRIE: 10.1

De gekozen koepelgeometrie is een 10 frequentie icosaeëder, waarvan er 5 van de 20 driehoeken van de icosaeëder gebruikt zullen worden. Vijftwintigste deel van het oppervlak van de volledige icosaeëderbol is dus gebruikt. De koepel staat dus op 5 voetpunten en alle randen zijn door 10 buizen gedeeld.

ASPECTCONCEPT BUISSTAVEN: 10.2

Ronde kartonnen buizen met een binnendiameter van 100 mm en een buitendiameter van 140 mm van de primaire kwaliteit karton gemaakt, geen gerecycled materiaal, voorzien van een ronde stalen plaat op de kop met daarop gelast een haakse verbindingssplaat met 2 boutgaten, waarbij de ronde platen inwendig in de kartonnen buis gekoppeld zijn door een voorgespannen stalen trekstaaf diameter 8 mm.

ASPECTCONCEPT KNOOPPUNTEN: 10.3

De knooppunten zijn ontworpen in staal en vervaard als een ster met een centrale stalen buis rond 300mm en daarop onder specifieke hoeken aansluitend de verbindingssplaten, 5 of 6 per geval en in specifieke hoeken per knooppunt. Er zullen een groot aantal verschillende modellen zijn, die echter elk 5 keer herhaald worden.



FIG. 106 Pre-assemblage van 10 kartonnen staven en 5 knooppunten om een constructieve doorkniktest te doen



FIG. 107 Knooppunt met staafaansluitingen in de werkelijkheid

ASPECTCONCEPT MEMBRAANAFDEKKING: 10.4

De membraan gemaakt van PVC gecoat polyester weefsel, kleur gebroken wit, hoog frequent gelast op de naden tussen de driehoeken, die toegesneden zijn om de punten glad en strak te kunnen opspannen. De opspanpunten hebben een versterkt veld en worden aan buitenzijde en binnenzijde door een stalen sandwichschotel bevestigd op een naschroefbaar draadeind dat naar buiten toe de membraan kan voorspannen, ook per opdrukpunt. De randen te voorzien van een ingelast koord en vast te schroeven met een metalen knelstrip. De membraantent te delen in 4 delen vanwege transport en inhijsgemak en deze naden ter plaatse door middel van een boutverbinding tussen twee metalen knelstrippen.



FIG. 108 De kartonnen koepel afgedekt met een toegesneden en gespannen membraan van PVC-gecoatpolyesterweefsel

ASPECTCONCEPT FUNDERING: 10.5

De fundering bestaat uit 5 poeren elk opgebouwd uit een of meer vlakke stelconplaten, een stelbok erbovenop om hoogte/diepte te overbruggen, trekankers die in de grond worden geboord vanaf de voeten van de bokken.

COMBINEREN VAN ASPECTCONCEPTEN: 10A

Nu dienen de verschillende concepten op elkaar gecombineerd te worden. De mogelijkheden van alternatieven overwogen en uit die combinaties volgt dan het concept voor het gehele product, voor de complete constructie.

Een kleine terugkoppeling trad op toen de architect met een gewijzigd voorstel voor de 5 gevels onder de randen aan kwam. De consequentie ervan was dat de onderrand een gebogen I-profiel zou moeten worden, waarop het ruimtevakwerk aan de bovenzijde zou bevestigd worden en aan de onderzijde de stijlen en regels van de gevels. Die 5 gevels zijn op zichzelf min of meer state-of-the-art en niet bijzonder innovatief. Daarom zijn ze niet als bijzondere aspecten opgenomen in de productontwikkeling.

Het werd als vervelend en weinig consequent gezien om de I-profielen in staal uit te voeren en niet in een meer ecologisch materiaal. Maar daarvoor ontbrak de tijd. En dergelijke doorontwikkeling op dit aspect is dus zeer gewenst. Hetzelfde geldt, zoals hiervoor al aangegeven, ook voor de buiseinden en de knooppunten.

PRODUCTCONCEPT: 10B

De combinatie van de bovengenoemde 5 aspecten leidden tot het ontwerpvoorstel van de 10 frequentie kartonnen koepel met enkele membraanafdekking en demontabele fundering van staal en beton.

TECHNISCHE HAALBAARHEID: 11

De hierna volgende vraag die in een ontwikkelingsproces wordt gesteld is of de combinatie-aspecten gecombineerd tot een productconcept wel technisch haalbaar is. Er was eigenlijk een overheersend probleem, dat veel aandacht vroeg: de kartonnen buisstaven en hun koppeling aan boutbare staafeinden. Zowel de membraan, de stalen knooppunten als de fundering konden inmiddels tot het engineeringdomein gerekend worden: er waren als eerder dergelijke voorbeelden gemaakt, dus een kwestie van aanpassen van het basisontwerp, niet van het nieuw ontwikkelen van een experimenteel aspect. Dat waren de buizen en hun voorspanverbinding wel. Het duurde in feite 4 maanden voordat die vraag naar constructieve betrouwbaarheid van de kartonnen buizen kon worden beantwoord, en toen waren stappen in de eerste fase en de derde fase gecombineerd in een lang test- en ontwikkelproces voor kartonnen buizen. Uiteindelijk was het antwoord dus positief: jazeker is het mogelijk uit papier en lijm met koppelingen een dragende kartonnen koepel met zo'n 30 m overspanning te maken.

VOORLOPIGE MARKTANALYSE: 12

Hier volgde in feite niet een marktanalyse, want de markt, de klant, was bekend, maar wel een terugkoppeling naar de klant: de presentatie van het ontwerpvoorstel van het koepelconcept werd met enige verbazing door de klant ontvangen. Shigeru Ban wenste in deze fase houten knooppunten, maar door tijdgebrek kwam het daar niet van. Met tegenzin ging hij akkoord met de stalen knooppunten.

ECONOMISCHE HAALBAARHEID: 13

De ontwikkeling van de kartonnen knooppunten had als gevolg dat er eenvoudige, calculeerbare elementen en componenten waren ontstaan die een betrouwbare calculatie mogelijk maakten. Daarbij bleek dat de knooppunten in de productie veel duurder waren dan de productiekosten van de kartonnen staven en dat feite het budget met 50.000,- Euro te boven gegaan werd, 20% van het budget. Daar is in korte tijd een formule voor gevonden: het verlies werd gedeeld door de mimegroep, de gemeente Utrecht die de koepel wilde overnemen als tweede gebruiker en Octatube. Nadat dit akkoord was gevonden door de betrokken partijen kon de stap naar de volgende fase worden gezet.

TWEEDE FASE: VOORLOPIGE MARKETING

Deze twee fase wordt in dit geval kort doorlopen. De eerste opdracht was de 30 m diameter koepel; de tweede opdracht was de luifel in Aix-en-Provence; de derde opdracht was de brug over de Tarn, nabij het Romeinse aquaduct van de Gorges du Tarn. De drie schetsontwerpen zijn gemaakt door Shigeru Ban. Achteraf is het een serie, maar bij het eerste project leek het erop dat het een 'one-off' zou zijn. Omdat Shigeru Ban zich beschouwt als de enige architect ter wereld die in karton bouwt, kon de marketing fase heel beknopt zijn.

DOELSTELLING TWEEDE FASE: 14

Bij het ontwikkelen van een bouwsysteem is het van belang te weten welke markt bediend zou kunnen worden met het systeem, voor welke doelen en tegen welke prijzen het systeem kan worden aangeboden en door de markt geaccepteerd. In dat licht wordt er een voorlopige marketing fase doorlopen die vanuit het concept van het bouwsysteem, ontwikkeld in de eerste fase, verder verkent wat de mogelijkheden van het bouwsysteem voor de markt zijn.

PROCES BEGELEIDING: 15A

Hier wordt overwogen hoe het project gestuurd wordt, in welke afdeling van het bedrijf deze marketing fase wordt doorlopen, welke mensen doen dat: techneuken of zijn er ook marketing mensen? In een klein bedrijf ligt het voor de hand dat de verkopers het doen. Wanneer worden de resultaten verwacht en welke personen gaan die presenteren aan de directie van het bedrijf?

FINANCIËLE ZORG: 15B

Is er een budget voor deze fase uitgetrokken? Hoeveel uur kan er worden besteed door welke personen? Wanneer worden de resultaten verwacht?

BEMENSING: 15C

Zijn de goede mensen (techneuken, verkopers of marketing mensen) voorhanden, zijn ze vrij om deze taak op te nemen, ofwel als volle dagtaak gedurende een bepaalde tijd of tussendoor als deeltaak tussen andere projecten?

MARKETING ANALYSE DEFINITIE: 16

Hoe ziet de markt er voor het beoogde bouwsysteem van het kartonnen ruimtevakwerk eruit? Is dat een grote markt of een kleine markt? Is dat een markt met een specifieke toepassing in functies, in grootte, in gebieden, in landen? Levert het materiaal karton in bepaalde opzichten voordelen? Hoe zijn die voordelen dan volledig te benutten? Welke

toepassingen zouden daar meer bij gebaat zijn dan andere? Is het een permanent inzetbaar bouwsysteem of een bouwsysteem voor tijdelijke gebouwen? Het materiaal karton is een vervanger van bekende en ervaren materialen als hout, staal en aluminium en zal zijn eigenschappen volledig moeten benutten om goede marktkansen te creëren.

MARKTEIGENSCHAPPEN: 17

Karton is in constructief opzicht een betrekkelijk zwak materiaal. Dus de markt bestaat uit kleinere overspanningen. Het materiaal karton te gebruiken in min of meer permanente gebouwen is nieuw. De nieuwigheid als eigenschap wordt minder aantrekkelijk zodra er enkele gebouwd zijn. Dan moeten de voordelen van de materiaaleigenschappen het doen. Maar het materiaal karton is ook bekend om zijn recyclebaarheid. Dus bij het 'groene' of het 'groendenkende' deel van de bevolking zou het materiaal favoriet kunnen zijn. Tijdelijke toepassingen kunnen mogelijkheden geven: tentoonstellingen, festiviteiten.

DEELMARKTEN: 18

Er zijn verschillende markten te onderscheiden. Vergelijk het materiaal karton maar een beetje met hout en neem dan de kleinere overspanningen. De ruimtevakwerken in karton zouden kunnen worden onderscheiden de kleinere en iets grootschaliger overspanningen. Ook het onderscheid in tijdelijke semi-permanente en permanente toepassingen is zinvol. Karton wordt gemaakt van hout. De eerste toepassingen zouden dus logisch in de houtproducerende landen kunnen zijn. De grote vijand van karton is vocht. Dus toepassingen zoeken juist in droge landen, niet in landen met veel regen. In de woestijn? Aan de ander kant is het materiaal karton een goedkoop materiaal per kg. Afhankelijk van de materiaalefficiëntie zouden kartonnen buizen ook goedkoper kunnen zijn dan de bestaande alternatieven van staal en aluminium of hout.

TACTIEKEN: 19

Welke zijn de beste tactieken om het kartonnen ruimtevakwerksysteem aan de markt te brengen? Met name de 'groene' afnemers zullen zich gemakkelijk aangesproken voelen. Zoals architect Jouke Post in 1999 het XX-kantoor ontwikkelde en bouwde in Delft met veel karton erin, omdat dit kantoor een levensduur had van slechts 20 jaar. Inmiddels heeft het al meerdere generaties van gebruikers gehad en staat het nog fier overeind. Zouden de tijdschriften en de werelden van de duurzame platforms in Nederland niet een goede ingang bieden om de 'groene' afnemers te bereiken?

Hetzelfde is gebeurd met de papiermâché plafonds zoals aanwezig in het station van Groningen (als een van de laatste 2 voorbeelden van 100 jaar geleden). Papiermâché werd gezien als een gemakkelijk modelleerbaar materiaal [uit het Frans: 'gekauwd papier'] dat een papierbasis heeft met een lijm toevoeging, soms versterkingen. Een goede aanwijzing voor de nog nooit gerealiseerde kartoncomposiet knooppunten van een kartonnen ruimtevakwerksysteem.

PROMOTIE STRATEGIE: 20

Het systeem promoten door de publiciteit te zoeken door middel van architectuurpublicaties, zeker bij de eerstelingen van de toepassingen, op bouwbeurzen, op prominente plaatsen waar veel bezoekers komen. Het feit benutten dat Shigeru Ban in juli 2014 de prestigieuze Pritzker Price kreeg toegekend voor zijn oeuvre in architectonisch karton. De (inter)nationale kartonindustrie ook bij de promotie betrekken. In Valencia wordt in 2015 een museale tentoonstelling over papier gehouden waarbij ook karton een aanzienlijke plaats in zal nemen, zelfs modellen van mijn studenten. Een sprong naar een Europese markt ligt dan in het verschiet. Het tentoonstellen van modellen en prototypen op zo'n plek is ook een idee.

PRODUCT + MARKTDOEL: 21

Tijdelijke gebouwen, semipermanente gebouwen en gebouwen in droge omstandigheden (klimaat, binnenmilieu) liggen voor de hand. Allerlei tijdelijke tentoonstellingen, Olympische Spelen, wereldtentoonstellingen en Biennales. Noodgebouwen voor gebieden waar mensen tijdelijk verblijven: vluchtelingenkampen, behuizingen voor grote verzamelingen van vluchtelingen, uit politieke, economische overweging, oorlogsdreiging, of natuurlijke catastrofes [zoals aardbevingen].

PRODUCT + MARKT CONCEPT: 22

Ideaal bouwsysteem voor een tijdelijk gebouw dat ook nog eens netjes gerecycled kan worden om aan de tegenwoordig gewenste duurzame overwegingen tegemoet te komen.

TEST PRODUCT+MARKTCONCEPT: 23

De Olympische spelen van Londen 2012 boden de mogelijkheid om een aantal tijdelijke gebouwen te ontwikkelen en te realiseren, die na enkele maanden gebruik ook weer gedemonteerd moesten worden. Octatube heeft daar een stalen ruimtevakwerk neergezet in het Tuball systeem, onder hoofdaannemer Neptunus uit Kessel. Het gebouw moest weer teruggenomen worden. Vanwege het specifieke ontwerp is het moeilijk of niet te hergebruiken. Recyclen ligt dan voor de hand, maar is wel kostbaar want het is toch kapitaalsvernietiging.



FIG. 109 Exterieur van de tijdelijke ontvangsthall op de Olympische Spelen van Londen 2012 door Octatube geëngineerd, geproduceerd en gebouwd als een space frame met een bolvormige glazen gevel en aluminiumdak en achtergevel



FIG. 110 Idem als 111 in binnenaanzicht

De markt van de semipermanente is groeiend met het korter worden van gebruik of bewoning van opeenvolgende generaties in gebouwen. Zo bouwt Albert Heijn hier en daar nette, standaard supermarkten te midden van in aanbouw zijnde nieuwbouwwijken. Daar zou het kartonnen ruimtelijk vakwerksysteem ook goed toepasbaar zijn, als deel van een compleet gebouwsysteem.

Als het gebouw van de faculteit Bouwkunde in Delft weer zou afbranden, zoals met de Grote Brand van 13 mei 2008, zou een tijdelijk onderkomen best in een gebouw met een kartonnen constructie kunnen worden gevonden.

De voormalige enorme expansie drift van grondeigenaren, projectontwikkelaars en gemeenten in Nederland zorgden er tot 2008 voor dat er Vinex wijken uit de grond gestampt werden, die om potentiële bewoners aan te trekken een tijdelijk gemeenschappelijk centrum konden hebben. In die zin hebben veel tijdelijke gebouwen gefunctioneerd. Helaas is die expansiedrift voorbij. Allerlei toepassingen die een semipermanent karakter hebben kunnen deel uit maken van de markt. Het zoeken naar een project start hier.

PROJECT: 24

Het stimuleert het ontwikkelingsproces indien er een project kan worden gevonden waaraan alle gewenste en vereiste eigenschappen kunnen worden geprojecteerd. Bij de tijdelijke verbouw van het oude hoofdgebouw van de TU Delft aan de Julianalaan tot faculteitsgebouw voor Bouwkunde, mocht ik in 2008 twee ontwerpen maken en in extreem korte tijd realiseren van grote, 13 meter hoge ruimten waarin potentieel drie verdiepingen studenten konden worden ondergebracht: de Zuidserre en de Oostserre. Het ontwerp uit september 2008 van die twee serres bevatte een dakconstructie van een kartonnen ruimtevakwerk. Vanwege de beperkte overspanningscapaciteit van kartonnen staven hebben deze twee serres een aantal binnenkolommen ter ondersteuning en stabilisering. Er werd een experimenteel ontwikkelingstraject voorgelegd waardoor de serres gereed zouden zijn in mei 2009, een jaar na de brand.

Helaas besloot de voorzitter van het CvB van de TU Delft, Dirk-Jan van den Berg, omstreeks half oktober 2008 dat hij de minister van Onderwijs, Ronald Plasterk in de academische 'dies' nieuwjaarsmiddag te gast wilde hebben om van zijn ministerie 25 miljoen te ontvangen voor de nieuwbouw. Dus werd de oplevertijd van half mei (originele planning) ingekort tot 9 januari 2009, waardoor er amper 2,5 maand over bleven om te ontwerpen, te engineeren en te bouwen. Er bleef dus geen tijd over om te experimenteren en het kartonsysteem te ontwikkelen. Het kartonnen ruimtevakwerksysteem viel als eerste slachtoffer van deze grote versnelling. In een extreem korte tijd was het ruimtevakwerk uitgerekend en waren de heipalen besteld en al in de grond geheid, toen die beslissing viel. Als gevolg waarvan er nu een standaard stalen Tuballruimtevakwerk is ingebouwd met veel kolommen, staande boven de toen reeds geheide heipalen, als teken van de verwachting van ooit: het kartonnen dak. Overigens de planning werd met bijna militaire precisie op het uur aangehouden en het cortège van hoogleraren wandelde voor het aanhoren van

de Diesrede op 9 januari 2009 in vol ornaat door de sneeuw van de Aula naar de Zuidserre, voor de Nieuwjaarsceremonie om in een reeds door de werkende vloerverwarming veraangenaamde Zuidserre de wederopstanding van Bouwkunde te vieren. Als project waren de kartonnen serredaken veelbelovend, maar helaas geaborteerd op overigens zeer begrijpelijke gronden. Overigens werd het tijdelijke gebouw voor de faculteit Bouwkunde na de verbouwing [die meer dan 50 miljoen kostte, volgens krantenberichten] het permanente gebouw voor de faculteit. Het is een vrolijk studiegebouw. De TU Delft heeft lang met het ministerie gerecht om de 25 miljoen euro van Plasterk, bedoeld om een nieuwe gebouw excellent te maken, niet terug te behoeven te geven. Het kartonnen ruimtevakwerksysteem, in het ontwerp opgenomen uit overwegingen van duurzaamheid die de toenmalige decaan Wytze Patijn erg aansprak en van het experimenteel ontwikkelen, wat mijn eigenlijke doel was, bleef een fata morgana.

Maar enige tijd later ontwierp mijn zoon Nils-Jan Eekhout een uitbreiding van de hockeyclub Ring-Pass in Delft, waar hetzelfde systeem, op een veel kleinere schaal weliswaar, wel werd ontworpen, ontwikkeld en toegepast.

In dat ontwerp zijn rood gepoedercoate Tuball knooppunten gebruikt, net zoals dat de bedoeling was in de serres, met glanzende kartonnen staven, die verraden dat er een dikke laag om het karton is aangebracht (ook inwendig) om het karton tegen vocht te beschermen, op een wijze waardoor het van een tijdelijke constructie een permanente constructie kon worden.



FIG. 111 Knooppunt van het Tuball knooppunt met kartonnen staven, zoals gebruikt voor de Ring Pass hockey club uitbreiding in Delft (arch. Nils Eekhout)

PRODUCT+MARKTCONCEPT ACCEPTABEL?: 25

Het was, ondanks de abortus van de kartontoeppassing in de serres van Bouwkunde, duidelijk dat het product+marktconcept goed genoeg was om te worden uitgewerkt.

De originele aanvraag van de kartonnen koepel op IJburg werd gezien als een solitair project, maar toen zich van lieverlee meer projecten van Shigeru Ban aandienden, kwam het besef van een systeemontwerp op tafel, vandaar dat het nu in dit boek wordt beredeneerd als een nieuw systeemontwerp.

Overigens heeft Shigeru Ban ook in andere projecten, waar Octatube niet in gekend is, de vinding van Octatube van het voorgespannen kartonnen buizen, toegepast, onder andere in een project in China: het Hongkong Shenzhen Bi-City Biennale project in 2009 en in de paper tower in Londen in 2009. Octatube wordt overigens met haar bijdragen in de ontwikkeling van kartonnen constructies met geen woord vermeld in de boeken van en over Shigeru Ban. Ook in zijn bureau zet het systeemdenken zich voort.

Deze tweede marketingfase is voor technische ontwerpers en techneuten niet heel vanzelfsprekend, want zij ontwerpen gewoonlijk in opdracht. Als er een opdracht is, behoeft je geen marketing te doen. Gezien vanuit de wereld van de productontwikkeling onmisbaar. Als je een algemeen geldend bouwsysteem ontwikkelt, kun je wellicht één

gekende opdrachtgever hebben, terwijl de potentie aan duplicaten, multiplicaten, kortom om herhalende toepassingen met allerlei variaties, zoals in een bouwsysteem, toch een marketinginzicht vereist om grotere investeringen in de ontwikkeling te doen dan alleen voor één enkel project waarin alle kosten direct worden geamortiseerd.

09.04 DERDE FASE: PROTOTYPE ONTWIKKELING

Deze fase is weer een echte technische fase. Nu in de voorgaande fase is aangetoond dat het de moeite waard is, gezien de vooruitzichten, om energie te steken in een technische verdere ontwikkeling van het concept tot een werkend prototype, gaan we er weer vol in.

DOELSTELLINGEN PROTOTYPE ONTWIKKELING: 26

De doelstelling zal hier zijn om van het ogenschijnlijk ongeschikte constructief belastbare materiaal karton via een aantal stappen een betrouwbaar constructiemateriaal te maken. Deze doelstelling is hetzelfde als waarmee ik ooit Els Zijlstra, directeur van Materia, (www.materia.com) uitdaagde om een dissertatie te schrijven hoe zij met materialen vanuit een aanpalend of vreemd vakgebied, die haar esthetisch (of we vanwege welke willekeurige reden dan ook) bekoorden, te ontwikkelen tot betrouwbare bouwmaterialen, een materialen in een uitvoering die blind zou kunnen worden toegepast door bouwvakkers, die niets van experimentele productontwikkeling weten. Maar ze hapte niet, had het helaas te druk.

PROCES BEGELEIDING: 27A

Ook deze fase moet degelijk geleid en gemanaged worden. Voldoende budget, mensen, ook fysieke laboratoriumruimten en apparatuur zijn benodigd.

FINANCIËLE ZORG: 27B

Is er voldoende budget bedacht? In feite gaat deze prototype fase veel langer duren dan we dachten. Een bescheiden budget was er in het project van de kartonnen koepel 2003 wel aanwezig, maar zou veel hoger worden dan ooit bedacht. Vaak zijn experimentele projecten (zwaar of licht) verliesgevend, alle investeringen betrokken op het ene project. Dat wordt gezien door economen als 'investeren', hetgeen er natuurlijk alleen uitkomt (financieel neutraliseert) als er duplicaten en herhalende projecten komen. In mijn bedrijf zie ik de 20% experimentele systeemprojecten als investeringen in de naam & faam, terwijl de 80% systeemprojecten de zwarte cijfers van de continuïteit verzorgen. Dus als er te weinig budget is, wordt dat per project als verlies genoteerd, maar op den duur wordt de kennis en het inzicht dat daarmee gewonnen is, benut voor volgende projecten en dus wordt het verlies gedeeld over meerdere projecten, die beter winstgevend zijn.

BEMENSING: 27C

Hier zijn diverse soorten ingenieurs benodigd: van de ontwerpers en koepeldenkers tot de technici die de constructieve analyse kunnen maken en de trek- en druckbank weten te bedienen. Niet allemaal full time, maar beter deeltijd of op invliegbasis.

EVALUATIE CRITERIA: 28

Het meest belangrijke criterium van dit gehele proces is: kunnen we van een onbetrouwbaar materiaal als karton een betrouwbaar constructief materiaal voor een koepel van 30 meter maken, waaronder 800 mensen aanwezig kunnen zijn zonder dat het dak onbetrouwbaar is?

PRODUCT & MARKTIDENTITEIT: 29

Een herhaling van de constatering in de vorige fase van de voorlopige marketing: een kartonnen ruimtevakwerksysteem ontwikkelen. Het beste geschiedt dat in een slim ontworpen ruimtelijk constructief systeem met lage staafbelastingen, zodat het relatief zwakke constructieve materiaal karton goed kan worden toegepast. Karton dient te worden ontwikkeld als dragend constructief materiaal met voldoende betrouwbaarheid en veiligheidsfactoren.

VOORLOPIG MARKETING PLAN: 30

Parallel aan het technische ontwikkelen is het niet onverstandig dat de verkopers of de marketing mensen van het bedrijf hun ogen en oren open houden om de kansen op projecten te kunnen scoren, te benutten en te vergroten. Met die ogen dienen zij ook welwillend naar deze technische prototypeontwikkeling te kijken. Er is altijd een kans op falen, maar blijft uitgaan van een succesvol resultaat van deze prototypeontwikkeling.

MATERIËLE ONDERZOEKEN: 31

De drie grootste problemen in deze ontwikkeling dienden direct bij de kop gepakt te worden:

- een betrouwbaar kartonnen buismateriaal vinden;
- een bevestigingsmethode ontwikkelen voor de buiseinden;
- geschikte ruimtelijke knooppunten ontwikkelen.

Het kartonnen basismateriaal van industrieel vervaardigde ronde buizen was de kern van het materiële onderzoek, naast de bevestiging van het buiseinde aan de buis. Dat bleek ook alles te maken te hebben met het zwakke materiaal karton met zijn wikkelingen en vele [zwakke] lijmlagen.

We hebben in die tijd van veel, of alle Nederlandse kartonproducenten die ronde buizen maakten [omdat uit ervaring van ruimtevakwerken de ronde buis de beste constructieve elementvorm is] exemplaren van ronde buizen ontvangen. De meest industriële productie

van ronde buis geschiedt vanuit een roestvast stalen doorn die ronddraait, waar overheen trapsgewijs papier met lijm wordt gewikkeld. Elke millimeter een laagje papier met lijm. 20 mm dikte is 20 lagen papier. De zwakte wordt gevormd door de lijm.

Maar na verloop van 2 maanden voortdurend vragen om nieuwe buizen, de buizen in de drukbank plaatsen en testen, bleek dat geen van die buizen voldoende druksterkte had. Uiteindelijk kwamen we uit bij Sonoco in Duitsland, die, bleek later, ook de buizen had geleverd van het Japanse paviljoen op de wereld tentoonstelling van 2000 in Hannover. Het had veel tijd gescheeld als we die informatie van Shigeru Ban's office in die tijd hadden mogen ontvangen. Maar daar kregen we geen gegevens, ook niet constructieve gegevens of materiaalgegevens. Die buizen, 20 mm wanddikte, waren gemaakt van primair karton, waar geen enkele recycling aan vooraf gegaan was. De bezwijkpatronen waren weliswaar op de lijmnaaden, met maar druksterkten van voldoende grootte.

Dat leidde tot het tweede niveau van het materiële onderzoek: de trekkrachten aan het eind van de ronde buizen naar de buiseinden. Het karton gedroeg zich op trek beter dan op druk. Aan het eind, waar de verbinding met de buiseinden wordt gemaakt, is gewoonlijk een geboute of gelijmde verbinding aan de orde. Gelijmd leek aantrekkelijk want de karton buis was ook gelijmd. Maar die lijmnaaden zijn heel dun, heel veel, dus per lijmnaad heel zwak. En als men een lijmverbinding bedekt aan het eind van de buis, dan is alleen de binnenste of de buitenste papierlaag verbonden. Niet het gehele kartonnen doorsnede. Dus dat werkt niet, tenzij er een soort zwaluwstaart verbinding wordt bedacht, waarbij alle papierlagen worden constructief aangesproken. Niet hier dus.

TECHNISCHE ONDERZOEKEN: 32

De hier genoemde verbinding tussen het einde van de kartonnen buis en het buiseinde hangt samen met de vorm van het knooppunt. Dan komen we aan het knooppunt, waarvan het ontwerp in feite getransformeerd is van dergelijke koepelontwerpen die in de jaren 80 zijn gerealiseerd in aluminium. De eerste koepel werd in Jeddah gebouwd. In feite bestonden die knopen uit holle buizen loodrecht op het oppervlak van de koepel, verbonden aan een aantal plaatvormige vlerken met elk 2 boutgaten. Die platen correspondeerden met de plaatvormige einden van de staven. Zo ook hier. Er was zoveel tijd verloren gegaan met het zoeken naar de juiste kartonsoort voor de buizen dat er geen tijd meer overbleef voor een verdere ontwikkeling van nieuwe knopen. De staafeinden, dat was de eerste gedachte, zouden dus bestaan uit een ronde plaat die de kartonnen buis zou afsluiten en een loodrecht daarop gelaste plaat, die correspondeerde met een van de vlerken op het knooppunt. Hoe zou die ronde plaat verbonden kunnen worden aan de kartonnen staaf? Eerst maar een buisvormige ring eraan gelast gedacht, met een aantal boutgaten waardoor er een boutverbinding met het karton gemaakt kon worden. Maar al snel bleek dat dit een vrij waardeloze verbinding was, die meteen brak. Het karton scheurde bij heel lage trekkrachten. Bij druk niet. Dus kwam Luis Weber, een van mijn constructeurs, op het idee dat een op druk belaste verbinding altijd veel beter zou functioneren dan een trekverbinding. Als we de kartonnen buizen zouden voorspannen op druk, dan konden die buizen altijd evenveel trek opbrengen als de aangebrachte druk. Dus werd er een

trekstaafje diameter 8 mm in de kartonnen buis ingebracht, aan weerszijden verbonden in een draadeind gelast vlak achter de ronde kopplaat. Zo werden de kartonnen buizen voorgespannen. Dat gaf ook aan het buiseinde een abstract uiterlijk. Het voorspannen van het karton was een simpele gedachte, maar werkte uit als een wereldvinding, die inmiddels druk gekopieerd wordt, ook door Shigeru Ban. We hebben er geen octrooi op aangevraagd, slechts het auteurschap zij vermeld voor de goede orde.

Maar zoals reeds eerder opgemerkt het volgende onderwerp van het knooppunt werd niet uitgewerkt naar tevredenheid. Een 20 jaar oude metalen knoop werd gebruikt en aangepast. Blijft dus nog een wens, een ambitie voor de toekomst om een knooppunt en tevens een nieuw type staafeind te ontwikkelen van vezelversterkt papier mâché, op dezelfde materiële basis als de kartonnen buis dus. Een uitdaging voor mijn studenten. En in dit boek is dit idee het resultaat van schrijven en al schrijvend nadenken en ontwerpen.

Als alternatief voor een staafeinde in het Tuball systeem: Een houten kop van de buiseinde, gedraaid op een draaibank in een conische vorm zodat hij aansluit op een bolvormige knoop à la het Tuball systeem met weer een interne voorspanstaaf zou goed mogelijk zijn. Een dergelijk staafeinde is ook gemakkelijk te automatiseren en kan van afvalstukken hout gemaakt worden. In de afbeeldingen van het Tuball ruimtevakwerk van Ring Pass kan met zich voorstellen dat dit gemaakt kan worden. De bollen ingeval van Ring Pass zijn gegoten in aluminium en bestaan uit een holle $\frac{3}{4}$ schaal en een holle $\frac{1}{4}$ deksel, samen verbonden met een centrale imbusbout.

Als alternatief voor een buiseinde in het plaatvormige Octatube systeem van watervast verlijmd multiplex, ongeveer in de vorm van twee halve hoeken, die in een verhitte mal onder druk vervormd zouden kunnen worden uit een vlakke multiplex plaat, zodat de staaf afsluiting leidt naar een plaatvormig einde, geschikt om te worden gekoppeld met bouten aan de knoop. Er is nog het een en ander te bedenken onder deze kop.

PRODUCTIE ONDERZOEKEN: 33

De productie van ruimtevakwerken is in wezen heel simpel en is niet zeer ruimtevragend. De kartonnen staven dienen exact op maat afgezaagd te worden. De buizen dienen dan een oppervlakte behandeling te krijgen om ze vochtongevoelig te maken, zowel aan de buitenzijde, de kopzijden (waar de vochtgevoeligheid het grootst is), als aan de binnenzijde, waar condens kan optreden en verzwakkingen kunnen optreden die men van buitenaf niet kan zien. Indien er nieuwe staafeinden en knopen ontwikkeld worden, heeft dat een andere productieomgeving nodig, meer te zoeken in de meubelindustrie dan in de bouwindustrie, zoals met fenolhars verlijmd multiplex houten koppelstukken. Die worden dan toegeleverd aan de ruimtevakwerfabriek.

In geval van het uitgevoerde ruimtevakwerksysteem werden de knopen en de staafeinden vervaardigd van plaatstaal Fe 360, gewoon staal. Het staal werd thermisch verzinkt. Bouten die de knooppunten en de staafeinden verbonden, waren ook thermisch verzinkt. Aluminium had ook qua sterkte gekund. De kartonnen staven zouden in de fabriek voorgespannen

worden, met de centrale thermisch verzinkte stalen draadstang gespannen tussen de twee kopplaten aan beide buiseinden. Kisten met knooppunten en rekken met de staven, op lengte of constructieve soort gecodeerd, worden naar de bouwplaats vervoerd, waar knopen en staven worden geassembleerd tot koepels.

TOEPASSINGSONDERZOEKEN: 34

Het voorgaande materiële onderzoek toonde aan dat karton in de vorm van ronde buizen best bruikbaar is voor dragende constructies. Maar kartonnen constructies hebben toch altijd het nadeel van het constructief zwakke materiaal, in vergelijking met staal en aluminium. Zelfs met hout kan men zich gelamineerde composities voorstellen die groter en dus sterker zijn en in het totaal grotere overspanningen kunnen bereiken dan met karton. Dat leidt tot bescheidenheid. In het boek 'Structure Systems' van Heinrich Engel, geschreven in de jaren 60 met Amerikaanse studenten, maar met nieuwe updates nog steeds beeldend en inspirerend voor studenten in de constructieve vormgeving, geeft een viertal verschillende soorten constructieve acties waarin hij constructies onderscheidt, die ik voor mijn studenten een beetje anders als volgt heb geïnterpreteerd:

- Massa-acties [balken];
- Vectoracties [2D en 3D vakwerken];
- Vormacties [schalen en vouwwerken];
- Oppervlakacties [membranen en kabelnetten].

In de eerste type van de massa-actieve systemen heeft karton in de vorm van buisconstructies en voorgespannen buisconstructies niets te zoeken, dat is weggelegd voor gelamineerd hout.

Bij de vectoractieve constructies is de afstand tussen onder- en bovenlaag bepalend voor de optredende krachten [moment is kracht maal afstand: hoe groter de afstand, des te kleiner de optredende krachten in de buizen]. Dat geldt voor platte vakwerken en nog meer voor ruimtelijke vakwerkconstructies zoals ik die in grote hoeveelheden in de afgelopen 30 jaar heb ontworpen en gerealiseerd. Dat is een goed domein voor kartonnen buisconstructies.

Bij de vormactieve constructies helpt de vorm om de stabiliteit te verkrijgen en zijn de krachten in de buizen niet al te groot. Dat is aan de orde als we spreken over koepels. Elke koepel die onder de buitenranden wordt ondersteund en verticaal wordt belast heeft in verticale richting drukkkrachten in de staven en in horizontale richting trekkkrachten. Die krachten zijn goed te berekenen en zijn redelijk bescheiden, waardoor we met voorgespannen kartonnen buizen best uit zouden komen. Nu we sinds 20 jaar [Guggenheim museum Bilbao] in de vrijevormarchitectuur terecht gekomen zijn, is het ook voorstelbaar dat grote schaalachtige oppervlakken gemaakt van ronde kartonnen buizen gerealiseerd kunnen worden. Die schaaloppervlakken dienen dan een driehoekig patroon te hebben vanwege de stabiliteit in horizontale richting, zodat er geen deformatie in het vlak van de schaal kan plaats vinden. Een schaal dient in alle punten ruimtelijk gestabiliseerd te zijn

dwars op het vlak van de schaal, anders kunnen externe belastingen zorgen voor lokaal doorpensen. Dat houdt in dat de knooppuntverbindingen tussen staafenden en knopen bij voorkeur momentvast moeten zijn. Niet de scharnierende verbinding van het Tuballsysteem, maar de dubbele boutverbinding van het Octatube systeem. Onder die voorwaarden kunnen kartonnen buisconstructies heel goed ingezet worden.

De vierde categorie, van de oppervlakactieve constructies, slaan meer op gespannen membranen en op kabelnetconstructies, waarin veel trekkrachten optreden, de achilleshiel van karton, dus dat leidt niet snel naar een nieuw type kartontoepassingen.

Conclusie uit deze redenatie is dus dat kartonnen buisconstructies met voorgespannen kartonnen buizen geschikt zijn voor ruimtelijke vakwerkconstructies met scharnierende verbindingen en drielopige (staven in drie loopp Richtingen) schaalconstructies met momentstijve verbindingen.

DESIGN & BUILD PROTOTYPE: 35

Er is nu zoveel kennis aanwezig dat er overgegaan kan worden tot het bouwen van een prototype. Dat was in eerste instantie een klein stuk van het koepeloppervlak van de eerste toepassing de 30m koepel. Een pentagon, een vijfhoek, als de top van de koepel, bestaande uit 5 randstaven en 5 radiale staven, alle uitgevoerd in voorgespannen karton, waarop een gewicht gezet kon worden om te zien of de momentstijfheid goed werkte.

TESTEN EN EVALUEREN PROTOTYPE: 36

Een klein vakwerk met aangepaste knopen, goed doorgerekend door de constructeurs en belast op de manier waarop dat in werkelijkheid ook verwacht zou worden, de theorie met de praktijk vergelijkend, zou een volgende stap zijn. Interessant zou zijn te zien of de momentstijfheid door de dubbele boutverbinding in de knooppuntplaten ook goed functioneert in de kop van de kartonnen buis met de centrale voorspanstaaf en in feite een half moment [kracht maal halve afstand]. Indien dat niet het geval is, dan dient het knooppunt wellicht nog te worden aangepast. Vandaar de terugkoppellingslijnen in het organogramschema op vele plaatsen.

Voorgaande overwegingen leiden al tot de volgende stap van de evaluatie. Werkt het ontworpen en ontwikkelde system? Werken de knooppunten en de buiseinden? Werkt het aanbrengen van de voorspanning praktisch gezien? Is de constructie technische werkzaam zoals bedacht? En daarna hoe ziet het geheel eruit? Shigeru Ban wilde liefst zo veel mogelijk karton zien: dikke buizen en veel buizen. Mijn idee was toch ook met karton zo slank mogelijke constructies te maken, dus liever dikkere wanddikten en langere buizen dan veel korte buiten met een kleine wanddikte en grote buitendiameter. Hier speelt ook de knikgevoeligheid een rol [lengte, diameter en wanddikte]. Het aantal knopen in de koepel neemt kwadratisch af als er een lagere frequentie wordt gezocht.

VOORLOPIGE KOSTPRIJS: 37

En dan de prijs. Als alle onderdelen functioneren zoals constructief verwacht en het ziet er niet onaantrekkelijk uit, hoe is dan het resultaat te produceren en onder welke onderdeelprijzen, gecombineerd met de engineering [die in dit soort gevallen wel 30% kan uitmaken van de kostprijs]? Valt de totaalprijs te vergelijken met de uitgangspunten van de evaluatiecriteria? Of wordt de kostprijs in dit stadium nog te veel verduisterd door de invloeden van het ontwikkelingsproces zelf?

PROTOTYPE ACCEPTABEL?: 38

Met het gereedkomen van het prototype van de pentagon, was mij wel duidelijk dat de buizen nogal fors waren ten opzichte van de lengte, minder slank dan dat ik gehoopt had, maar alle onderdelen functioneerden constructief naar verwachting. De kostprijs bleek zeer afhankelijk te zijn van de stalen staafeinden en knooppunten, dus daar is nog veel te verbeteren, maar voor deze fase acceptabel.

EVALUEER PROTOTYPE: 39

Het prototype zag er voor het eerste project van de 30 m koepel robuust genoeg uit. Voor de verdere ontwikkeling zou er mijns inziens wel wat meer raffinement in de koppelingen kunnen worden ingebracht, dat blijft een wens.

EVALUEER PROJECT: 40

Grotendeels voortgestuwd door de vinding van het inwendig voorspannen en de stalen verbindingen, was het een betrouwbaar resultaat dat gebouwd kon worden. De kostprijs was voor de eerste 30 m koepel nog aan de hoge kant, in de zin dat er een overschrijding was van het budget.

GOEDKEURING DOORGAAN: 41

Maar de tijd drong. Van de 6 maanden voorbereidingstijd vóór de opening waren al 4 maanden vergaan met de ontwikkeling van het systeem, dus de resterende tijd van 4 weken voor definitieve koepelengineering, het produceren van de onderdelen en het bouwen op de bouwplaats (3 weken) kon exact met gebruikelijke precisie aangehouden worden. Voordat de opdrachtgever haar consent gaf over ja dan niet doorgaan, werden de overmatige kosten gedeeld door 3 partijen: Jeannette van Steen als opdrachtgever, Octatube als producent/aannemer en de gemeente Utrecht als de beoogde koper van de koepel na de eerste opbouw op IJburg.

DOORZETTEN MARKETING PLAN: 42

De conclusie was dat met het ontwikkelde systeem ook andersoortige constructies zouden kunnen worden gebouwd dat de beoogde eersteling van de 30 m koepel, mits het vakwerkachtige of schaalachtige constructies zouden zijn met ronde voorgespannen kartonnen buizen.

09.05 CONCLUSIE FASE 3: PROTOTYPE ONTWIKKELING

In werkelijkheid was er een opdracht voor een 30m diameter koepel in karton die uitgevoerd diende te worden met een groot en riskant deel van de systeemontwikkeling aan het begin. In dit boek heb ik dat omgewerkt tot het ontwikkelen van een systeem, wetend dat we inmiddels meerdere kartonnen constructies in het bedachte systeem hebben gerealiseerd. In termen van de methodologie van de productontwikkeling, het onderwerp van dit boek, volgt er na het eerste systeemniveau van deze drie fases van systeemconcept, voorlopige marketing en prototypeontwikkeling het tweede niveau van het project, in dit geval van de ontwikkeling en de bouw van de 30 m koepel. Die wordt in termen van productontwikkeling gezien als de eersteling van de toepassingen. We zullen dat niveau van de eerste toepassing van het eerste project in dit boek niet uitvoerig behandelen. Een fotoreportage ervan wordt in de plaats gegeven. De boodschap is duidelijk: een analytische benadering in denkbare stapjes die voldoende verscheidenheid hebben om van elkaar te onderscheiden, maakt het totale proces van productontwikkeling haalbaar en interessant.

Na het eerste project van de 30 m koepel in 2003 volgde in 2006 een schaalachtige luifelconstructie voor het Vasarely museum in Aix-en-Provence met een diameter van 16m, om gevolgd te worden door de kartonnen brug van 25 m overspanning nabij het Romeinse aquaduct van de Pont du Gard in Remoulin, Frankrijk in 2007. Alle constructies gemaakt met voorgespannen karton.



FIG. 112 Kartonnenbrug voor het oversteken van de rivier nabij de Pont du Gard, Remoulin, Fr. [arch. Shigeru Ban]



FIG. 113 Kartonnen brug voor het oversteken van de rivier de Gard, Remoulin, Fr. [arch. Shigeru Ban]



FIG. 114 Luifel voor het Vasarely museum in Aix-en-Provence 2006 [arch. Shigeru Ban]

In 2008 zou ik als architect van de serres van Bouwkunde de twee daken ontwerpen in kartonnen Tuball ruimtevakwerken, maar helaas werd dat geaborteerd door de ineens gevraagde supersnelle doorlooptijd om voor de nieuwjaarsviering van 2009 de Zuidserre gereed te hebben.

Nils-Jan Eekhout zou twee jaar later, in 2010 het Ringpass paviljoen realiseren. Daarmee werd in feite een experimenteel systeem op een volwassen wijze afgerond met een technisch bevredigend en esthetisch prachtig resultaat. De kartonnen buisconstructies bleken realisabel en betaalbaar te zijn geworden.



FIG. 115 Hockey club uitbreiding Ring Pass in Delft (arch. Nils Eekhout)



FIG. 116 Knooppunt details kartonnen Tuball systeem



FIG. 117 Interieur foto hockey club



10 SPECIAALPRODUCT: GLASVEZEL VERSTERKTE POLYESTER SCHAALDAKEN

Speciale producten of projectproducten zijn unieke producten, specifiek ontworpen, ontwikkeld en geproduceerd voor een bepaald gebouw of project. Omdat bij de directe vraag van een architect, gezien de totaliteit van het totale gebouwconcept de eisen en wensen te stellen aan het gebouwdeel (in de ogen van de architect) of speciaalproduct (in de ogen van de design & build ontwerper) heel duidelijk vast liggen, is er geen behoefte aan marketing overwegingen. Indien er behoefte is aan wijzigingen, kunnen die ook in snelle en directe acties doorgeleid kan worden. Voor de productontwerper vertegenwoordigt de projectarchitect immers de markt. Derhalve worden er niet de gebruikelijke 5 fasen van het standaardproduct organogram doorlopen, maar 3 fasen:

- ONTWERPCONCEPT;
- PROTOTYPEONTWIKKELING;
- PRODUCTFABRICAGE;

Ongeveer 45 stappen of activiteiten zullen worden omschreven.

Als voorbeeld van een speciaalproduct zijn de schaaldaken van het Rabin Center in Tel Aviv gekozen. Een uitzonderlijke vraag in de turbulente tijd van de opkomende vrijvormarchitectuur, waarop een heel specifiek antwoord werd ontwikkeld, dat leidde tot een nieuwe generatie van vrijvormtechnologie. Vanwege de historische functie is het project taalkundig in de verleden tijd geschreven.

Uitzonderlijke architectuurprojecten maken nogal eens gebruik van nieuwe technieken en technologieën. In mijn eigen ervaring gold dat bijvoorbeeld voor het NAI in Rotterdam waarvoor we halfmechanische / halfgelijmde glasverbindingen voor quattro's op ultraslanke trekspanten ontwikkelden. Of voor het stadhuis in Alphen aan den Rijn, waarvoor we koud gedraaide glaspanelen ontwikkelden. Of voor de INHolland school in Delft, waarvoor we een extreem slank gevelsysteem met lichtgewicht Aramide gevelkabels ontwikkelden. Of voor de Markthal in Rotterdam, waarvoor een stalen kabelnetsysteem werd geëngineerd. Het waren stuk voor stuk nouveauté's op de Nederlandse markt, waarschijnlijk in Europa. En omdat de projecten ook werden gerealiseerd, waren het niet alleen theoretische uitvindingen maar werden die uitvindingen ook uitgewerkt, geëngineerd en gerealiseerd. Het waren dus toegepaste uitvindingen ofwel innovaties. In alle gevallen betrof het 'one-off' projecten, ontwikkeld met het doel het project te realiseren en niet met het doel daarna er de markt mee op te gaan. In de eerste plaats moest de uitdaging van het project worden opgelost. Er was op dat moment geen zicht op een duplicaat of repetitie van de vinding.

Dat bepaalt dit hoofdstuk 10. De behandeling van dit hoofdstuk is het recept voor de ontwikkeling van one-off of unieke innovatieve technieken, ook wel speciaalproducten ofwel speciale componenten genoemd. Het recept van het organogram [tegenwoordige tijd], toegepast op de ontwikkeling en realisatie van de Rabinschaaldaken [verleden tijd].

START PROJECT 1

Op 4 november 1995 werd prime minister Yitzak Rabin in Tel Aviv vermoord door een Joodse tegenstander van zijn streven naar vrede met de Palestijnen. Dat streven zou onder andere leiden tot de Osloakkoorden en de Nobelprijs voor de vrede met Yasser Arafat en Shimon Peres. In de Arbeiderspartij werd het plan ontwikkeld om Rabin te eren met een museum waarin zijn levensgeschiedenis en zijn boodschap konden worden verkondigd. Architect Moshe Safdie maakte in overleg met Lea Rabin, de weduwe van Yitzak Rabin, het ontwerp van een Rabin Memorial Center, waarvan de grote zaal de gelijkenis met een vredesduif zou krijgen. Het complex zou gebouwd worden op een bestaande, vlak na de oorlog door Duitsland gedoneerde noodstroomcentrale, die nooit in actie was geweest. Een locatie vergelijkbaar met de Griekse Acropolis: goed zichtbaar vanaf de Hayarkonvallei, achter de rug van de Tel Aviv University campus. De twee belangrijkste onderdelen in technische zin waren de daken en gevels van de Great Hall en van de kleinere Library. Met name het ontwerp van de twee vrijevormdaken voorzag in een vrijevormarchitectuur van het dak: het dak van de Great Hall leek op een witte vredesduif met een centraal lichaam en twee vleugels, waarvan de ene omhoog en de andere omlaag gericht was. Octatube had eerder voor Moshe Safdie gewerkt in het Samson Center in Jeruzalem en kreeg een aanvraag om met de aanbesteding mee te doen. De daken waren ontworpen als echte vrije vormschalen en konden niet wiskundig in hun vorm worden herleid. De aanbestedingstekeningen van Arup, New York, voorzagen in een onordelijke staalconstructie met een laag beton eroverheen, niet heel erg uitdagend getekend en meer lokaal werk belovend dan geschikt

als exportwerk. Bovendien was het duidelijk dat de architect geen naden wilde hebben. Die zouden verraden dat de schalen zouden worden opgebouwd uit onderdelen. Dus moeilijk te prefabriceren, te vervoeren en dan als exportproduct lokaal op te bouwen. We zagen er dan ook vanaf om mee te doen met de aanbesteding. Maar de architect hoopte dat we gewoontegetrouw met een intelligente oplossing zouden komen en stelde daarom de aanbesteding uit met twee maanden. Dat prikkelde onze vindingrijkheid.



FIG. 118 Model van het voorgestelde Rabin Memorial Center met links de Library en aan de rechterzijde de Great Hall, [arch. Moshe Safdie]

In die tijd waren we bezig geweest met het gemeentelijk paviljoen op de Floriade in Hoofddorp, nu gemeente Haarlemmermeer. Naar het ontwerp van Asymptote Architects uit New York werd het paviljoen ontwikkeld met een deels metalen, deels glazen dak, een glazen vijverbuik en koudgebogen glasgevels. We waren via Kas Oosterhuis ook betrokken met het provinciaal paviljoen op dezelfde Floriade, maar al in een vroeg stadium hebben we afscheid van het proces genomen. En we waren betrokken bij de ontwikkeling van de gevels van het stadhuis van Alphen aan de Rijn naar ontwerp van Erick van Egeraat in een 'quasiblob', een vrijevormgeometrie die nog wel wiskundig kon worden vastgelegd en overeengekomen. Even later in het proces zouden we ook de zorg krijgen voor de ontwikkeling van de spaghettiraamstroken van de achterzijde van het stadhuis. Die achterkant was heel zeker een vrijgevormd dakoppervlak. Met andere woorden: we zaten midden in een aantal projecten van vrijevormarchitectuur. In Hoofddorp had Maurice Nio een jaar eerder een bushalte laten maken van polystyreen, uitgefreesd in de bedoelde vorm en aan de buitenzijde gelamineerd met glasvezelversterkt polyester. Het oppervlak was verre van perfect, het zichtbare buitenoppervlak had een soort varkenshaartjes op de huid, doordat de polyester en de glasvezels er met de vrije hand van buitenaf waren aangebracht, niet in een mal. Daardoor werd het oppervlak snel groen. Dus de

productiemethode zou sterk moeten worden verbeterd, maar Nio had voor ons ongeweten gezorgd voor een inspiratiemoment. Zouden we de daken van Rabin kunnen maken als gigantische surfplanken met glasvezel versterk polyester aan de buitenzijde op een kern van schuim? De afmetingen waren indrukwekkend groot: 30 x 20m² was de grootste schaal. We hadden bij Octatube geen enkele ervaring met polyesterwerk, alleen was er het spontane productidee. En als zeiler had ik twee jaar ervoor een zeilboot bij Jeanneau in Frankrijk gekocht en wist hoe seriematige producties van polyester jachtrampen efficiënt konden worden georganiseerd. Ik wist hoe de geur van mijn polyester Dufour zeilboot in de jaren 80 was. Als ik in het weekend ging zeilen, snoof ik de styreenlucht binnen op en ik wist: "Het is weer weekend". Dus er was ook een positief gevoel bij dat productidee van de vrijevormsurfplanken. Maar de echte knowhow hadden we niet in huis.

Er bleken een stuk of vier producenten in Nederland werkzaam te zijn die we konden aanspreken op hun technologie. We zouden die technologie vervolgens kunnen aanpassen en toepassen op het project en zo in gezamenlijkheid de aanbesteding aan gaan. De keuze viel op PolyNederland in Werkendam. Zij produceerden vlakke panelen met een vacuüminjectiemethode. Dat zou dan nu ruimtelijk moeten gebeuren. Octatube zou zeer afhankelijk zijn van de kennis en ervaringen van die productiemethode in dat bedrijf.

Bedrijfsmatig en projectmatig een aanzienlijk risico, waardoor het project in feite een experiment zou worden en het project zou alleen lukken als we in een grootschalige innovatie tot stand zouden kunnen brengen. Het was riskant, maar zo startten we. Bij diverse brainstorm bleek dat we de grote schalen zouden moeten onderverdelen in segmenten, die we met de bovenzijde, de zichtzijde, op een mal zouden moeten maken. De daken hadden een vrije vorm, dus geen enkele repetitie. We zouden een groot aantal mallen nodig hebben. Er was in die tijd een uitvinder in Delft, Heiko Dragstra, die met zijn XYZ machine mallen kon frezen uit grote blokken polystyreen. Dus nodigden we al die mensen in een aanbiederconsortium aan tafel uit om in een brainstorm elke week hun gedachten over design, engineering, producties, transport en samenbouwen te bespreken. Een echte codesigntijd. Overigens zouden we tussen aanbesteding en gunning nog wisselen van composietpartners: PolyNederland uit Werkendam werd vervangen door Holland Composites uit Lelystad, in een goede verstandhouding overigens.

PROJECT DOEL 2

Het doel van de codesigngroep was een technisch innovatieve en betrouwbare oplossing te ontwikkelen voor het realiseren van de vrijevormschaaldaken van het Rabin Center, die ook nog financieel voor allen haalbaar zou moeten zijn en een kans maakte op de opdracht in deze internationale aanbesteding. Daarbij zouden wij meest waarschijnlijk de enige buitenlandse partij zijn naast een aantal Israëliische aanbieders. En dus altijd de duurste bij die aanbestedingen. Maar de vrije vorm van de schaaldaken zou van alle deelnemers veel inventiviteit vragen. Een uitvoering in staal met beton zou ook veel inventiviteit vragen. We hebben het bij onze Israëliische projecten als een sport gezien om zelfs bij de hoogste inschrijvingsprijs in vergelijking met Israëliische aanbieders toch de opdracht te bemachtigen door de prijskwaliteitsverhouding te benadrukken.

PROJECTSTRATEGIE 3

De strategie om het doel te bereiken was om een onderling zeer afhankelijke liaison aan te gaan met ervaren comakers uit de polyesterwereld die de technologie al hadden ontwikkeld. Die technologie zou vervolgens overgedragen moeten worden naar het domein van de architectuur met haar veel grotere afmetingen. Na de 'transfer of technology', zou deze technologie aangepast moeten worden aan de locatie, de positie, de materiaalopbouw en de integratie met andere componenten in het ontwerp, die minder experimenteel, maar wel degelijk veel studie nodig hadden. Dus eerst is er een 'transfer of technology', gevolgd door een 'adaption of technology'. Vrijevormengineering door middel van computerwerk zou nodig zijn om de totale vrijevormgeometrie te bereiken, de verschillende componenten in hun exact vorm te bepalen en die componenten perfect op elkaar aansluitend te ontwikkelen.

EVALUATIECRITERIA 4

Het proces zou goed doorlopen zijn als we:

- Een zeer innovatief voorstel zouden kunnen ontwikkelen;
- Een betrouwbare financiële begroting zouden kunnen maken;
- De opdracht daadwerkelijk zouden krijgen;
- Voldoende tijd om van het experiment een wereldinnovatie te maken;
- Financieel ongeschonden het project zouden kunnen afronden.

PROCESBORGING 5A

De aanbesteding zou tussen de comakers op basis van 'no-cure-no-pay' geschieden, waarna vanaf de opdracht de investeringen gecompenseerd zouden worden vanuit het contract. Vanwege het 'one-off' karakter was het niet a priori aannemelijk dat er meerdere opdrachten achter zouden volgen. Alle investeringen zouden dus geamortiseerd moeten worden op dit project. Dat maakt de kans op een financieel verlies bij dergelijke experimentele projecten zeer groot. Al 30 jaar lang zijn binnen Octatube experimenten en innovaties aan de orde van de dag, gewoonlijk met kleine stapjes vooruit: incrementele innovaties. In dit geval dreigde er een revolutionaire innovatie, een gigantische stap voorwaarts, samengesteld uit een groot aantal innovaties. Met het adagium in het achterhoofd: 'We verdienen onze naam met experimenten en innovaties terwijl we ons geld verdienen met meerdere toepassingen van voormalige experimenten uitgevoerd als systemen' waagden we het er toch op het experiment niet uit de weg te gaan.

FINANCIËLE ZORG 5B

De bepalingen van het contract waren behoorlijk traditioneel: betalen als er materiaal 'spijkervast' aangebracht wordt op de bouw. Terwijl het gehele proces de karakteristiek had van prefabricage: met 80 tot 90% investering voordat het product onderdelen [segmenten en componenten] naar de bouw vervoerd zou worden om daar te worden geassembleerd en gemonteerd. Dientengevolge zou er ook een behoorlijke eigen financiering nodig zijn.

Dit was overigens een probleem bij alle exportorders van technische onderdelen van gebouwen, zoals gevels, die gemakkelijk vervoerbaar waren. Altijd werd er dan gewerkt op een l/c, een letter of credit, een bankgarantie van de afnemende opdrachtgever. In die gevallen kon een bank op basis van de l/c een krediet verlenen aan het producerende bedrijf. Maar omdat het altijd nieuwe producten betrof, die nergens anders gemaakt konden worden voor het specifieke gebouw, kon dat ook weer gepaard gaan met de nodige achterdocht van de zijde van de lokale opdrachtgevers. Veel exportorders in de internationale gevelindustrie werden op deze wijze afgesloten.

Gezien de grote druk op de financiering en de eigen domeinen van expertise bij respectievelijk Octatube als hoofdaannemer, als hoofdengineer en als glasgevelproducent enerzijds en bij de composietproducent anderzijds, werd besloten om heel transparant op te trekken in gelijkwaardigheid, elk voor eigen technologie en bekwaamheden, terwijl Octatube daarboven de hoofdaannemer zou zijn. Voor de composietproducent betekende dat een 'back-to-back' contract.

BEMENSING 5C

Bij Octatube waren er enkele ingenieurs die ervaring hadden met 3D-schetsprogramma's als architect. Op de engineeringafdeling was het tekenen in Autocad langzamerhand verrijkt met Autocad Inventor, waarmee onderdelen, elementen en componenten driedimensionaal konden worden getekend. Die 3D-tekeningen vereisten veel meer geheugen dan de 2D-tekeningen, dus we waren er terughoudend in. Na de introductie van de computer nam de hoeveelheid tekenwerk niet af maar juist toe. Echter het aandeel van de faalkosten bij het maken, met name de engineeringfouten, werd aanzienlijk kleiner. En er konden geometrisch veel complexere constructies gerealiseerd worden. Sieb Wichers was in het jaar voor de aanbesteding bij mij als hoogleraar Productontwikkeling afgestudeerd met een vrijevormontwerp in de vijver van het NAI te Rotterdam en stond te popelen om een uitdaging als het Rabin project aan te gaan. Het engineeringpersoneel stond gereed om een vrijevormopdracht te beginnen. De aanvankelijke composietpartner Polynederland maakt kleine composietproducten en had niet veel ervaring met grootschaligheid. Maar de latere partner Holland Composites had juist een periode achter de rug van het bouwen van GRP scheepsrompen tot en met 30 m lengte en GRP neuzen van marineschepen, de 'sonar domes'. De scheepsrompen werden in een 'vacuuminjectieproces' vervaardigd, die voor het doel van het Rabin project ook zeer geschikt leek. Hollandse Composites beschikte dus over ervaring, over voldoende personeel en over een directie die een experiment niet uit de weg ging. Maar zij had geen 3D-tekenaars en civielingenieurs in dienst. Dus de twee bedrijven Octatube en Holland Composites vulden elkaar aan.

STUDIEASPECTEN 6

Er werden een achttal belangrijke aspecten onderscheiden die los van elkaar bestudeerd en ontwikkeld dienden te worden. In dit hoofdstuk waren alleen de polyester schalen van belang, niet op de glazen gevels en de banaanvormige glasstroken tussen de schalen. De grote onbekendheden waren:

- 1 De geometrische vrijevormbepaling van de vijf schalen;
- 2 De constructieve opbouw van de 'stressed skin' schalen;
- 3 De industriële 'one-off' vacuïminjectieproductiemethode;
- 4 De composietkeuze in verband met constructie en klimaat;
- 5 De samenbouw van segmenten tot een integrale schaal;
- 6 Het geometrisch meten van de onderdelen en het geheel;
- 7 Het installeren van schalen en componenten;
- 8 Het omgaan met de Israëliische opdracht, opdrachtgevers, adviseurs en normen.

Er zijn op dit punt twee wegen om te gaan met de beschrijving: per elk van de 8 aspecten in de drie stappen of per te volgen stap (probleemanalyse, brainstormidee en conceptoplossing) en dan achtereenvolgens de 8 aspecten te behandelen. In hoofdstuk 10 heb ik de lijn gevolgd van de stappen en vervolgens bij elke stap de verschillende aspecten. Dat wordt met meer aspecten steeds onoverzichtelijker. Het meest coherent en begrijpelijk is om de aspecten als één cluster te zien en die te behandelen, dus achtereenvolgens in de drie genoemde stappen probleemanalyse, brainstormidee en conceptoplossing. Dus we behandelen de aspecten als clusters met verschillende activiteiten.

ASPECT 1: VRIJEVORMGEOMETRIE

Het karakteristieke aan 'de vrije vorm' was dat het een geometrie betrof die niet door middel van wiskundige formules te beschrijven was. Een willekeurige wolk van punten met elkaar verbonden tot een lijn, een vlak of een volumen. Vóór de komst en integratie van de computer zouden we daar niet mee om hebben kunnen gaan, tenzij we te werk zouden zijn gegaan als een puur handambacht uitoefenende beeldhouwer. Er diende dus een definitie gemaakt te worden van de betrokken vrijevormgeometrie. Het ging om de vorm van de vijf schaaldaken. Die vorm diende te worden vastgelegd op een zodanige wijze dat die geometrie digitaal overdrachtelijk en communicabel was en dat die vorm blind kon worden overgedragen van de ene fase naar de volgende fase. Bijvoorbeeld die van de ontwerpfase via de engineeringfase, de constructieve fase en naar de werktekeningenfase en montageplanfase. En natuurlijk van de ene groep engineers naar de volgende: van de groep architectonische redesigners, via de formfinding engineers van Octatube, naar de constructieve engineers van Solico en Octatube en via de werktekenende engineers van Octatube naar de computerfreesmachine van Marin (voor het maken van de mallen voor de segmenten), naar de engineers van Holland Composites (die de mallen moesten vullen met hun vacuïminjectiesegmenten) en uiteindelijk de assemblagetekenaars (die tekeningen maakten waarmee de segmenten tot een wing werden samengevoegd) en de montagetekenaars van Octatube (die ervoor zorgden dat de positionering van de separate componenten in de ruimte exact geschiedde volgens bepaalde toleranties). Een lange zin met 9 stappen. Dit waren de communicaties tussen zeker negen groepen ingenieurs met een verschillende achtergrond, opleiding, ervaring, communicatie en werkprogramma's. Idealiter moesten die communicatiemiddelen goed op elkaar aangesloten zijn, maar de realiteit was dat ze zelfs in één bedrijf vaak verschillend waren, niet aansloten op elkaar en vaak dubbel werk vroegen. Nog afgezien van de communicatieproblemen die er door konden ontstaan en de fouten in de uitvoering. Ook hier leek de Wet van Murphy geldig.

Niets ging zo maar goed. Het ging altijd mis. Dus er moest goed nagedacht worden. Hier bleek ook het voordeel om de uitvoering van design & build opdrachten in één bedrijf te leggen: dan waren de negen stappen in de communicatie natuurlijk altijd veel korter onder de financiële discipline van één bedrijfsdoel. De overgang van de ene fase naar de volgende fase liep parallel met die van de engineers. Zouden de ingenieurs over verschillende bedrijven worden aangesproken, dan zou iedereen zich terugtrekken in de beperktheid van zijn opdracht en zou het fenomeen van de 'faalkosten' over het gehele project snel op de loer liggen.

PROBLEEMANALYSE

We kregen bij de aanbestedingsstukken een door de architect haastig en onnauwkeurig in elkaar gestoken Rhino model van de 5 vleugels, dat niet klopte, waar de banaanvormige glasstroken erg onregelmatig waren, dat deuken in het dak had, dus hemelwater verzamelede zonder afvoer. We hebben dat model ingevoerd in een computergestuurde freesmachine die uit polystyreenschuim de modellen freesde van de 5 dakvleugels. Daarbij bleken de onnauwkeurigheden, de imperfecties die uiteraard verbeterd dienden te worden. De 5 imperfecte modellen, vervaardigd door Heiko Dragstra hebben we samengevoegd tot een transporteerbaar model, dat ik op verzoek van de architect na de aanbesteding, in Tel Aviv aldaar in elkaar kon zetten en daarmee kon aangeven wat de uitdaging achter de aanbidding inhield.

BRAINSTORMIDEEËN

De eerste gedachte was om een verbeterd model te maken in een 3D-ontwerpprogramma waarmee meerdere Octatube engineers beter vertrouwd waren en dat zij met hun ervaring konden overnemen (in een transitie van Rhino naar Autodesk Maya). De ervaring met Maya bleek een beter model van de 5 vleugels op te leveren. De aansluitende daken zouden in alle posities aan de bovenzijde bolvormig (synclastisch) moeten zijn of hol met een waterafvoermogelijkheid naar buiten. De afmetingen van de verschillende vleugels zouden zodanig moeten zijn dat de uiteinden goed op elkaar aan zouden sluiten, inclusief de tussenliggende glazen banaanvormige glasstroken. Het was uitdrukkelijk niet het uitgangspunt om er enige symmetrie in aan te brengen. Dat zou een hopeloze gedachte zijn.

CONCEPTOPLOSSING

De in Maya getekende vleugels bleken voldoende verbeterde versies van de aanbestedingsmodellen van de architect: meer vloeiend in vorm, onderling beter op elkaar afgestemd met daartussen vloeiende banaanvormige glasstroken en de einden vlak bovenop elkaar gestapeld in een verticaal ensemble.

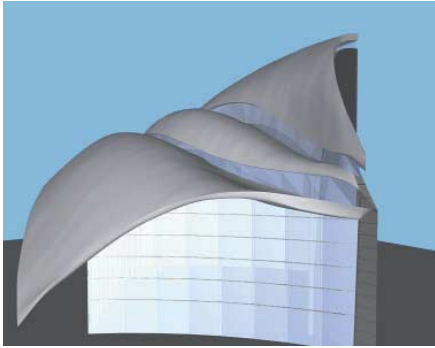


FIG. 119 Model van de Great Hall zoals die werd geleverd bij bestek en tekeningen gemaakt in Rhino

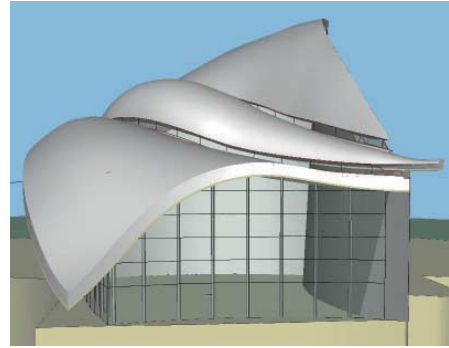


FIG. 120 Éen van de eerste herformuleringen van de geometrie van de 3 vleugels van de Great Hall

ASPECTCONCEPT

De verbeterde geometrie van de 5 schaaldaken werd sterk verbeterd, sloot goed aan en had parallele zijden voor een vloeiende aansluiting met de banaanvormige glasstroken.

ASPECT 2: 'STRESSED SKIN' CONSTRUCTIE

Het idee voor de Rabin schalen was beïnvloed door de bushalte in Hoofddorp. Maar er was meer. Er waren veel jonge medewerkers bij Octatube die hielden van surfen. Dus al snel ontstond het idee om een gigantische driehoekige surfplank te bouwen van een meter dik schuim met een dragende huid van glasvezelversterkt polyester.

Het constructieve basisidee waarop de schalen gebaseerd zouden worden was dus de surfplank. Een op druk belaste bovenlaag en een op trek belaste onderlaag van glasvezelversterktpolyester op een centrale massa van schuim. De randen zouden worden omgezet en rond afgewerkt totdat het geheel als een constructieve schaal zou werken als een onafhankelijke entiteit. De schalen zouden opgelegd worden nabij de randen; de randen zouden een beetje of juist veel oversteken, tot een maximum van 8 m. Constructief zou de bovenlaag en de onderlaag bij verticale neerwaartse belasting op druk- of trekspanningen worden belast, terwijl het schuim de schuifkrachten zou overdragen in het geheel van de integrale schaalconstructie. Ingeval van opwaartse belastingen zou de bovenlaag op trek en de onderlaag op druk belast worden. En bij horizontale belastingen werden de beiden huiden meer op horizontale afschuiving belast. Vanwege de woestijnklimaat werd ook de thermische belasting niet vergeten. De brandende zon op het bovenoppervlak van de schalen zou de bovenlaag sterk laten opwarmen ten opzichte van de onderlaag, met veel drukspanningen in de bovenlaag ten gevolge.

PROBLEEMANALYSE

Het principe van constructief dragende huiden, de 'stressed skins', was een bekend fenomeen bij sandwichconstructies. De stressed skin functioneerde bij de gratie van een sterke boven- en onderhuid, maar ook van de stijfheid van de tussenlaag van het schuim en de adhesie van de skins aan het schuim. Delaminatie lag op de loer, dus adhesie en constructieve stijfheid zijn belangrijke punten. De hechting van het schuim aan de huid was een vereiste. Daarnaast had in het algemeen een economische constructie een redelijk dunne huid. Specifiek voor de onderhuid, die zou rusten op koppen van stalen kolommen volgens het ontwerp, riep het probleem van doorpensen op. De kolom zou door de huid heen kunnen breken.

BRAINSTORMIDEËN

De twee keuzen in de skin bestonden uit polyester, vinyl of epoxy, versterkt met glasvezelweefsel of koolstofwapening. De keuzemogelijkheden in de schuimlaag kende ook een grote variëteit. Polystyreen werd al snel gezien als tamelijk zwak, dus werd er in de richting van de polyurethaanschuimen en pvc-schuimen gezocht, overigens ook in veel variëteiten beschikbaar. De plaatselijk hoge belastingen vanuit de opleggingen van de kolomkoppen zouden met stalen kopplaten onder de polyesterschaal gespreid kunnen worden. Desnoods met een stalen plaat die opgenomen zou kunnen worden in het volumen van de polyester schaal, waarbij de beide platen door middel van bouten zouden kunnen worden verbonden. De comaker bracht later ook naar voren dat er een interne verstijving in de stressed skins aangebracht zouden kunnen worden door verticale stroken van inwendig verticaal staande gebogen ribben, de zogenaamde 'stringers'. Dat waren verticale stroken van glasvezelweefsel geïmpregneerd met de hars, die de polyesteronderlaag met de bovenlaag verbond tussen de schuimlaag door. Die stringers kende ik wel want in de romp van mijn Jeanneau zeilboot was de romp aan de binnenzijde ook versterkt door twee stringers, horizontaal geplaatste verstijvingsribben, die verliepen van de boeg tot de spiegel, keurig afgewerkt tussen de ingebouwde kasten en afwerkingen. De stringers gaven de romp een grotere stijfheid en vlakheid.

CONCEPTOPLOSSING

Hier zou de invloed van de co-makers uit de polyesterindustrie waardevol worden. Met hun ervaring stelden ze als economische wapening glasvezelweefsels voor omdat koolstofwapening veel sterker en stijver, maar tevens enorm veel duurder zou zijn en bovendien een curing nodig zou hebben van een of twee dagen op 100 graden Celsius. Overigens, er was in Nederland op dit gebied nog nauwelijks uitvoeringservaring. Enkele jaren later (2005) zouden in Lelystad de twee ABN/AMRO Volvo Ocean racers gebouwd worden in koolstofepoxy: absoluut lichter en sterker, maar veel te duur voor de bouw. En ook te duur voor dit project. De keuze tussen vinylester en polyester zou in een latere fase gemaakt worden.

ASPECTCONCEPT

Een stressed skin constructie van glasvezelversterkt polyester op een dragende kern van polyurethaanschuim versterkt door inwendige, verticaal geplaatste (banaanvormige) stringers tussen de boven- en onderhuid. Bovendien zouden in de sandwich de nodige stalen versterkingen geïntegreerd kunnen worden om het doorponsen van de kolomkoppen te voorkomen. De stalen kolomboxen zouden zijdelings aan de stringers worden bevestigd.

ASPECT 3: 'ONE-OFF' VACUÛMINJECTIEMETHODE

In de jachtbouwwereld werden de polyester rompen gewoonlijk in open mallen gemaakt met de 'hand-lay-up' methode, waarbij laag na laag de glasvezel met de polyesterhars in het zicht werd aangebracht. Een duidelijk nadeel voor de arbeidsomstandigheden was de zware styreenlucht die in deze productiehallen hing. Er werd daarom een alternatief ontwikkeld om sandwichen te maken in een afgesloten plastic zak, waarin de glasweefsels en het schuim aangebracht en de zak vacuüm getrokken. Vlak daarna werd via het vacuüm er polyester uit de vaten opgezogen. De polyester werd door alle poriën van de sandwich heen getrokken zodat alle holtes, 'caviteiten', werden gevuld. Bij de productie van jachten was de vacuÛminjectiemethode een beproefde productiemethode om rompen te produceren. Daarbij werden de top- en bodemlaag van glasvezels alsmede de tussenlaag van schuimblokken met in te storten voorzieningen, tijdens het proces integraal volgezogen composiethars tot een constructief integraal en sterk geheel. Scheepsrompen werden zo vervaardigd. Er waren betrouwbare berekeningsmethoden voor ontwikkeld.

Maar de daken van de Rabin schalen waren veel groter dan de afmetingen van een scheepsromp. Dus de nieuwheid was dat er aparte segmenten geproduceerd zouden kunnen worden, die naderhand op de bouwplaats tot één geheel verbonden zouden moeten worden.



FIG. 121 De polystyreen mal, de eerste glasvezelmatten en tenslotte het vacuÛmzuigen van de glasvezelmatten met polyester

Daarnaast was er het verschijnsel van de krimp bij het uitharden. Daaruit zouden wel eens allerlei onverwachte krimpvervormingen kunnen blijken. Veel segmenten hadden een asymmetrische vorm, met aan één zijde een scherpe punt waardoor waarschijnlijk na krimp het segment een kleine of grotere torsie zou kunnen krijgen. Dat zou vervolgens moeilijkheden kunnen geven bij het samenvoegen van de segmenten tot de dakschalen.

PROBLEEMANALYSE

De vacuïminjectiemethode werkte heel goed als verbetering van arbeidsomstandigheden, maar had gewoonlijk als resultaat een vlakke sandwich. In dit geval zouden alle te maken sandwichsegmenten een deel van een gekromd oppervlak zijn. Er zouden gekromde sandwichen gemaakt moeten worden. Die krommingen moesten op een gekromde mal gemaakt worden. Die mal zou van tevoren exact gefreesd moeten worden in geval de schuimblokken als uitgangspunt genomen zouden worden. Alternatief zouden er mallen van MDF houtstofplaat gemaakt kunnen worden, maar de krommingen bleken teveel driedimensionaal om met MDFplaten te maken. MDF kon alleen gebogen worden in één richting, desnoods conisch: 2,5D. En de krommingen in het dak waren echt ruimtelijk: 3D. Alle mallen zouden overigens anders zijn. Voor alle segmenten zouden er aparte mallen gemaakt moeten worden. En die mallen zouden na gebruik overbodig worden.

BRAINSTORMIDEËËN

Dus de mallen zouden het best machinaal en computergestuurd gefreesd kunnen worden uit schuimblokken. Schuimblokken werden in Nederland door Marin in Wageningen gefreesd. Dat bedrijf had een freesinstallatie die groot genoeg was om grote schuimblokken aan te kunnen. Ze waren bekend vanwege het frezen van modelscheepsrompen waarmee maritieme proeven gedaan werden in sleeptanks. De nauwkeurigheid van de gefreesde blokken zou de basis zijn voor de continue kromming van de bovenhuid, die immers direct op de mal aangelegd zou worden. Nu zou elke mal slechts éénmaal gebruikt kunnen worden. Na de productie van het ene segment, zou onmiddellijk het volgende segment geproduceerd moeten worden. Dus die one-off productiemethode had geen herhaling, geen leereffect en men zou er maar het beste van moeten maken. Er waren eenvoudig geen ervaringsfeiten en even belangrijke vraag als de individuele krimp zou zijn: "Zouden die verschillend gekrompen segmenten toch tot één vloeiend geheel gedwongen kunnen worden?" Om dat te zien en te bewijzen zouden we een mock-up moeten maken van een aantal aan elkaar gekoppelde, sterk gekromde panelen die we ter plaatse zouden samen voegen en laten beoordelen door de architect op de resulterende vloeiende vorm.

CONCEPTPLOSSING

De bestaande vacuïminjectieproductiemethode voor vlakke panelen werd verrijkt met in een vormmal gemaakte polystyreenblokken waarvan de bovenzijde uitgefreesd werd als tegenvorm van de bovenbuitenzijde van de schaalsegmenten. Dat geschiedde nadat die gefreesde blokken eerst nog met epoxy waren behandeld om ze voldoende vlak en strak te maken. Alle mallen waren individueel verschillend en zouden na gebruik afgevoerd en vernietigd moeten worden. Een verbetering lag voor de hand als er een soort pennenbed ontwikkeld zou kunnen worden van vele herinstelbare verticale pennen met schotels waardoor het bovenvlak gegenereerd was. Karel Vollers zou dit idee van de pennenbank verder gaan ontwikkelen sinds 2004. Maar ten tijde van de aanbesteding was het nog niet ver genoeg ontwikkeld om betrouwbaar te worden toegepast.

ASPECTCONCEPT

De vacuÛminjectiemethode op ruimtelijk gefreesde en in hun bovenvlak met epoxy verstijfde polystyreenmodellen voor de productie van de individuele segmenten.

ASPECT 4: COMPOSITIEKEUZE

De meest gebruikelijke keuze van composieten zou zijn glasvezel versterkte polyester, maar ook vinylester zou mogelijk zijn en epoxy. Alle harsen hadden hun karakteristieke eigenschappen, verwerkingsmethoden en hun volumeprijs.

PROBLEEMANALYSE

De vloeibare hars diende gekozen te worden vanwege de constructieve betrouwbaarheid en de geschiktheid voor de vacuÛminjectiemethode. Het materiaal moest voldoende vloeibaar zijn om door het vacuÛmgetrokken pakket van wapening en schuimblokken met inlegelementen heen getrokken te kunnen worden en diende ook na een bepaalde tijd adequaat te stollen, te curen.

BRAINSTORMIDEEËN

Hier konden we ons geheel verlaten op de ervaringen van de comaker Holland Composites die ons de keuze voorhield tussen vinylester en polyester, waarvan de eerste beduidend duurder was dan de tweede, maar veel sterker.

CONCEPTOPLOSSING

De keuze viel op vinylester vanwege de prijs en de sterkteprijsverhouding en de ervaringen bij diverse objecten van de co-maker.

ASPECTCONCEPT

Vinylester als hars met op basis van de ervaring van de comaker. Voor het gemak bleef in het verdere woordgebruik in dit boek de term 'polyester' gehandhaafd, hoewel de uitvoering plaats vond in vinylester.

ASPECT 5: COMPOSITIE VAN SEGMENTEN

De segmenten zouden bepaald worden door de maximum te vacuÛminjecteren en te vervoeren groottes van delen [segmenten] van schalen. Naast de productiemogelijkheden, de vervorming bij deze 'one-off' segmenten en de toleranties bij het produceren [met name het 'onervaren' krimpen] zou ook transporteerbaarheid en de constructieve verbinding op de bouwplaats een groot punt van zorg zijn.

PROBLEEMANALYSE

Hier kwam de grootte van architectonische objecten tegenover de mogelijkheden van transport te staan. Hoe groot waren de grootste volumina die in containers over de weg op een vrachtwagen en in het schip vervoerd kunnen worden? Normaliter hadden scheepscontainers de volgende afmeting: 2,4 x 2,4 x 12 m lang (40 voetscontainers). Over de weg was het mogelijk om grotere objecten te vervoeren. De binnenafmetingen waren globaal 2 x 100 mm kleiner. Daarnaast was de uitdaging hoe de segmenten op de bouwplaats aan elkaar te verbinden. De trek- en drukkrachten in de bovenlaag zouden continu moeten zijn over de naden tussen de segmenten heen.

BRAINSTORMIDEËN

Hoe groter de segmenten zouden zijn, hoe minder naden er op de bouwplaats te verbinden zouden zijn. Hoe groter hoe beter. De limiet werd gevormd door het wegtransport en het slooptransport. De blokken schuim waaruit de mallen werden gefreesd, konden tevoren uit kleinere blokken worden samengelijmd tot nagenoeg elke grootte, mits het XYZ mechaniek van de freeskop de afmetingen aan kon. De verbinding op de bouwplaats tussen de segmenten zou kunnen geschieden door een aantal weefsels over elkaar heen te lamineren, als hand-lay-up methode. Maar om een goede kwaliteit te krijgen, zouden die verbindingstroken ook geprefabriceerd moeten worden, (in zogenaamde 'prepreg'-stroken) zodat de sterkte reeds vanaf de fabriek gegarandeerd zou kunnen worden. Die verbindingstroken zouden op een dergelijke wijze zowel in het bovenzak als in het ondervlak aangebracht kunnen worden.

CONCEPTOPLOSSINGEN

Uiteindelijk zouden we uitkomen bij een afmeting van segmenten van maximaal 3,5 m breedte en 15 m lengte. De einden van de segmenten bij de naden zouden een sponning krijgen van 10 mm diep, over een breedte van 150 mm. Bij twee naast elkaar gelegen segmenten, ontstond er ruimte voor een prefab gewapende strook van 300 mm breedte en 10 mm dikte, die door middel van epoxy verbonden zou kunnen worden met de schaaloppervlakken. Nadat de versterkte stroken zouden zijn aangebracht, zouden de naden opgevuld worden met plamuur en zou de gelcoat over alles heen aangebracht kunnen worden totdat het bovenzak mooi glad en continu zou zijn.

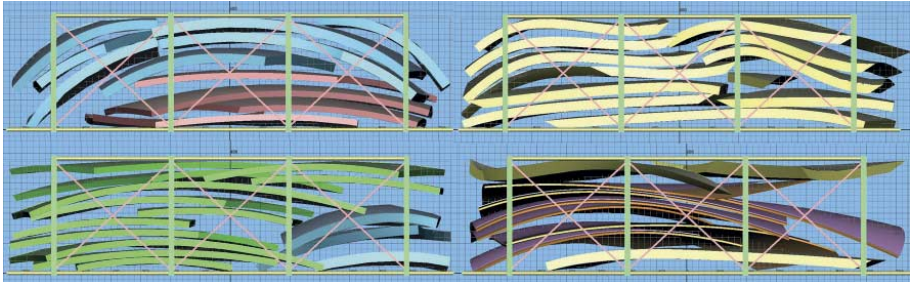


FIG. 122 De bevrachtingen in de speciale skeletachtige containers werd ontworpen om een zo dicht mogelijke stapeling te verkrijgen met minimaal vervoersvolumen

ASPECTCONCEPT

De schalen onder te verdelen in segmenten van maximaal 3,5 x 15m met sponningranden waardoor op de bouwplaats prefab wapeningsstroken met epoxylijm aangebracht konden worden en het geheel afgewerkt met plamuur en de laatste gelcoatlaag.

ASPECT 6: CONTINU GEOMETRISCH METEN

Bij het maken van de segmenten passend in het geheel van de schaal, zouden de hoofdafmetingen en de toleranties in de segmentmallen, de wijzigingen in de afmetingen door krimp, maar ook de asymmetrische krimp, het torderen van de one-off segmenten van belang zijn. Tenslotte was er het samenvoegen van de segmenten tot het geheel van de schaal, volgens de overall tekeningen, rekening houdend met de geometrie en de positie van de ondersteuning en de aansluitingen van de eveneens prefab gemaakte beglazingen en dergelijke andersoortige onderdelen van het project. Het voortdurend meten in alle stadia was de enige wijze waarop een theoretische positie en afmetingen van de schalen gerealiseerd kon worden. Vrijevormcomponenten waren geheel afhankelijk van een perfecte geometrie, niet alleen in de design- en engineeringfasen, maar ook in de productie- en realisatiefasen.

PROBLEEMANALYSE

Hoe zouden we geometrische controle op het produceren van de segmenten kunnen houden, het samenbouwen van de segmenten tot complete schalen en hoe zouden we kunnen zien dat de ingewerkte verstijvingsdelen ook daadwerkelijk op de goede plaats terecht kunnen komen? Enerzijds was daar het probleem van het krimpen van de segmenten in de mallen, waarvan de comaker wist dat zoiets zou kunnen gebeuren, maar niet hoe dat bij elk segment kon worden voorkomen. Er was voor elk segment met zijn karakteristieke vorm geen ervaring hoeveel en in welke richting die vervorming zou optreden. Anderzijds bestond het totale project uit schalen, uit stalen kolommen, uit glazen façades en banaanvormige glasstroken, die als een compositie samen opgebouwd moesten worden. We zouden er bovendien tijdens de bouw ook nog achterkomen dat de

Israëlische bouwondernemer de verankeringen van de stalen kolommen soms tot wel 150 mm toleranties verkeerd had gepositioneerd. Dat diende wel hersteld te worden. Dus alle onderdelen dienden in een totale compositie volgens de theoretische tekeningen met tevoren bedachte en overeengekomen toleranties te worden samengevoegd.

BRAINSTORMIDEËN

Het was heel vervelend, maar het enige antwoord was meten, meten en nog eens meten. Elke keer voor de uitvoering vóór een handeling en na afloop van een handeling. Afleveren en denken: "Uit het zicht is uit het hoofd" zou dodelijk voor de kwaliteit van het project zijn. Tekeningen moesten ook zo gemaakt worden dat op kritieke plaatsen de te maken maten gecontroleerd konden worden. Dus over elk segment ook de diagonale maten. Maar ook de positie van verankeringen op de bouwplaats, in de ingestorte beton was van groot belang. De toleranties van betonwerk waren vaak gemeten in centimeters, 20 mm was niet abnormaal. Echter 150 mm afwijking was excessief. De maximale afwijking in de polyester segmenten zou 2 tot 5 mm zijn, dacht de polyester maker. Meten vooraf en achteraf. Weten welke neutralisaties er voor afwijkingen bedacht zijn in elke stap.

CONCEPTLOSSING

Meten van de mal vóór het vacuümzuigen en na het uitharden; meten van de samengevoegde segmenten ten opzichte van de maatvoering van de schaal, meten van de ankerpunten en van de versterkte punten in de schaal: de opleggingen in de onderlaag van de sandwichschalen. Met de Wet van Murphy in het hoofd. Geen enkel maatvoering kwam automatisch tot stand zoals een architect op tekening voor zich op het computerscherm zag. Altijd gaat alles mis. Voor een correcte maatvoering moest heel wat gedaan worden. Veel opmetingen waren alleen met 3D-surveys te doen, uit te voeren door gespecialiseerde surveyors. Maar dat meten diende gedaan te worden als er een serie werken zouden zijn uitgevoerd: zoals verankeringen. Dan gold inmeten voordat men de ankers zou plaatsen en nogmaals nameten nadat ze zouden zijn geplaatst. En steeds vergeleken met de theoretische tekeningen. Meten, meten en nog eens meten.

ASPECTCONCEPT

De enkele vlakachtige elementen tot de complexe 3D-gevormde componenten dienden voortdurend gemeten te worden. Dat geschiedde aanvankelijk door de producenten of hun eigen surveyors. Op de bouwplaats werden gecertificeerde surveyors ingehuurd. Vrijvormarchitectuur had die verplichting tot meten veel meer dan een conventioneel rechthoekig gebouw. Bij vrijvormuitvoeringen kon de kostenpost van het meten naar ervaring soms wel 3 tot 5% van de uitvoeringskosten bedragen.

ASPECT 7: INSTALLEREN VAN DE SCHALEN

Het samenbouwen van de segmenten tot een constructief werkende schaal, met het vereiste gladde oppervlak vereiste een nauwkeurige aanpak. Het hijsen van de schalen

vereiste zwaartepunten die vanuit de kranen goed in evenwicht te brengen zijn. De schuine en gladde oppervlakken maakten het onmogelijk om de schaaloppervlakken te belopen. Veiligheid in de lucht en in de ruimte was daarop voor monteurs zonder alpinistenervaring en –uitrusting niet weggelegd. Onderhoud was moeilijk regulier uit te voeren en dus duur. Reparaties vereisen een uitgebreid logboek en veel steigerwerk en / of kranen met speciale werkplatforms.

PROBLEEMANALYSE

De schalen dienden op de grond te worden geassembleerd. Hoe konden ze gehesen worden? Hoe konden de bevestigingspunten aan de bovenzijde en aan de onderzijde worden gemaakt of verkleefd?

BRAINSTORMIDEEËN

Voor het samenbouwen was het concept van de (‘pre-preg’)prefabwapeningstroken bedacht. Daarna door een afwerking met plamuur en een aparte gelcoat er bovenop. Voor het hijsen moest het zwaartepunt van de schaal berekend worden. Daarnaast 3 bevestigingspunten vanaf sterke haken, die ook in de sterkteberekening meegenomen dienden te worden. Ook al werden ze slechts eenmaal in de totale levensduur tijdens het hijsen gebruikt en waren ze verder overbodig. Dan zouden ze later ook niet meer zichtbaar moeten zijn. De schalen waren onmogelijk te belopen. Toch moest er onderhoud gepleegd worden. Daarvoor zouden Alpinisten kunnen worden ingezet. Alpinisten werkten met haken en touwen te bevestigen aan in de polyester ingewerkte bevestigingsogen, zoals ze ook in de jachtbouw bekend zijn. Maar duur was de post onderhoud zeker.

CONCEPTOPLOSSING

In de polyesterschalen dienden ingewerkte inhijskappen, klimhaken en bevestigingsplaten voor de oplegging van de kolomkoppen te worden aangebracht.

ASPECTCONCEPT

Hijs- en bevestigingsmiddelen dienden geïntegreerd in de boven- en onderhuid van de sandwichschalen te worden opgenomen.

ASPECT 8: ISRAËLISCHE BOUWWERELD

De Israëlische bouwwereld was een spiegel van de West-Europese wereld, met EU normen die geldig verklaard konden worden en gemakkelijk geaccepteerd, maar er was één groot verschil: de Israëlische juridische gewoonten zijn meer op Amerikaanse leest geschoeid. Daarnaast waren niet alle normen en verplichtingen uit het Hebreeuws ook in het Engels vertaald, hoewel de Israëli's gewend waren Engels te spreken.

PROBLEEMANALYSE

Hoe zouden we bekend kunnen worden met buitenlandse, in dit geval Israëlsche normen en wetgeving?

BRAINSTORMIDEËN

In eerste instantie gaven de tenderspecificaties aan dat er volgens Israëlsche normen geproduceerd en gebouwd diende te worden. Bij de aanbidding kon gerust gesteld worden dat er gewerkt wordt naar de equivalente Europese normen. De Nederlandse normen waren uiteraard vaak niet bekend. Ze waren voor een Israëlsche ingenieur niet leesbaar want ze waren normaliter niet in het Engels geschreven. Europese normen waren dat wel. Overigens over enkele jaren zouden er wel normen kunnen komen waarvan het taalgedeelte multilingual zou kunnen worden, zodat men een stuk zou kunnen schrijven in een bepaalde taal en er een redelijk leesbare vertaling in een gewenste andere taal bij geleverd zou kunnen worden, zoals als 'Google Translate Super Plus'. Misschien zou het in 2020 al zo ver kunnen komen? Het zou export aanzienlijk vergemakkelijken.

De Israëlsche wetgeving was een moeilijker zaak. De wet vereiste dat een gebouw in een land aangepast zou zijn aan de wetgeving in dat land. Voor de wetgeving zou ook de Britse wetgeving genomen kunnen worden, als een algemeen bekende wetgeving voor juristen, maar dan met rechtbanken in het land, in Jeruzalem of Tel Aviv. In de 25 projecten die ik in Israël heb mogen realiseren, zijn er overigens slechts twee gereedgekomen aan de hand van een contract. De onderhandelingen met Israëlsche advocaten waren in het algemeen zodanig taai en hopeloos dat we maandenlang achterop de planning raakten. Uiteindelijk hebben we vaak zonder contract, maar op een offertebevestiging gebouwd. In geval van de schaaldaken van Rabin was de uitschrijving gebaseerd op betonwerk en staalwerk, die uiteindelijk niet werden toegepast. Dus de techniek was in de offerte omschreven. De juridische en algemene voorwaarden bleven wel geldig.

CONCEPTOPLOSSING

Europese normen en Britse wetgeving met rechtbanken in Israël.

ASPECTCONCEPT

Europese normen en Europees recht met rechtbanken in Israël.

PRODUCTCONCEPT 10B

Nu de acht meest kritische aspecten zijn behandeld, van analyse tot concept, zullen de verschillende aspecten met elkaar moeten worden gecombineerd. Uit die combinaties kunnen soms best onmogelijkheden volgen. Dan dienen de betrokken aspecten nogmaals teruggekoppeld te worden, totdat het totaal wel past. Dit lijkt eenvoudig opgeschreven, maar dit punt vraagt vaak om koelbloedig terugkoppelen en feedbacks zoeken.

TECHNISCHE HAALBAARHEID 11

Eigenlijk moet deze fase in zijn geheel doorlopen worden, al is het globaal, voordat men zich bewust is van de realisatiemogelijkheid. Men moet erin geloven, hoewel er bij de uitwerking nog best veel zaken uitgezocht moeten worden. Nadat de design & build partij zich ervan bewust is dat de gevonden totale technische oplossing een realistisch voorstel is, kan er pas een offerte gemaakt worden.

VOORLOPIGE MARKETING ANALYSE 12

Deze stap behoeft in dit organogram van speciaalproducten ofwel speciale componenten niet gezet te worden aangezien de uitgeschreven projectopgave in feite de markt is. Voor standaardproducten en systeemproducten is het wel verstandig hier verder op in te gaan.

ECONOMISCHE HAALBAARHEID 13

Als de technische haalbaarheid bevestigd is, kan de begroting definitief gemaakt worden voor alle onderdelen. Die begroting bestaat uit onderdelen die, verstandig genoeg, reeds in de voorgaande fasen verkend zijn. De begroting kan nu definitief worden opgesteld tot de totale offerte.

10.02

FASE 2: PROTOTYPE-ONTWIKKELING

De volgende twee fasen: Prototypeontwikkeling en Productfabricage zullen verkort worden doorlopen. Voor een ontwerper is de conceptontwerpfase het meest belangrijk. Veel geschreven kennis is reeds vanuit fase 2 van de prototypeontwikkeling en fase 3 van de productfabricage naar fase 1 gehaald en daar beschreven.

DOELEN PROTOTYPEONTWIKKELING 26

Doel van deze fase 2 was om tot een betrouwbare materiële constructiecompositie te komen. Betrouwbaarheid was allereerst van belang als verantwoordelijkheid voor de aanbiedende partij van Octatube en de co-makers; Dat werd in dit geval duidelijk gestipuleerd omdat het een experimenteel project betrof zonder voorafgaande ervaringen van de betrokkenen met de soort opgave, het materiaal, de afmetingen, kortom met de innovatieve aspecten. Daarna was de betrouwbaarheid van belang voor de opdrachtgevende zijde van de opdrachtgever en haar adviseurs, de architect, de projectconstructeurs, eventueel ingehuurde specialisten en de goedkeurende overheid. Na die betrouwbaarheid voor beide zijden te hebben aangetoond, was ook de kostprijs van belang voor de opdrachtnemende partij.

PROCESBORGING 27A

In deze fase is er waarschijnlijk al sprake van een opdracht, wellicht onder voorbehoud, of alleen een opdracht voor een proeftraject met een prototype of mock-up. In ieder geval kan uit de opdracht de organisatorische inzet voor deze prototype fase ontleend worden.

FINANCIËLE ZORG 27B

De opdracht voor een proeftraject of de gehele opdracht waarborgt de financiën voor het doorlopen van de prototypefase. Begroten hoort hier ook bij en is in elke projectfase noodzakelijk.

BEMENSING 27C

De bemanning bij de opdrachtnemer, het design & buildbedrijf dat de prototypeontwikkeling gaat leiden of aanstuurt, dient ervaring te hebben met het ontwikkelen van bouwproducten of componenten van concept tot productvervaardiging via de fase van het prototype. Ligt de nadruk in de eerste fase op een meer architectonische insteek, deze tweede fase is meer een ingenieursmatige insteek maar met een ondernemingsgevoel om juist de onbekende aspecten tegemoet te kunnen zien en te kunnen oplossen.

EVALUATIECRITERIA 28

De fase van de prototypeontwikkeling is succesvol doorlopen als het prototype technisch betrouwbaar is gebleken en binnen het gestelde kostprijnsplafond ook inderdaad geproduceerd zou kunnen worden.

PRODUCTMARKTIDENTITEIT 29

Is voornamelijk van belang als het om standaardproducten of bouwsystemen gaat. Niet in dit geval van de specifieke glasvezelversterkte polyesterschalen.

VOORLOPIG MARKETING PLAN 30

Zelfde overweging als 29: alleen van belang als er meerdere toepassingen na de Rabinschalen gezocht gaan worden, dus nieuwe opdrachten en in feite een grotere markt.

MATERIEEL ONDERZOEK 31

In dit geval zijn de materiële, technische en productieonderzoeken nogal in elkaar gestrengeld. Maar we zullen ze toch apart behandelen met af en toe een overlap zodat het voorbeeld van deze composietvleugels als speciaalproduct goed geïllustreerd wordt. Deze fase van de prototypeontwikkeling behelst een flink stuk van de engineering van het project. Het aanvankelijk idee om de daken als een soort gigantische surfplanken te maken van een schuimkern en de buitenlaag van glasvezelversterktpolyester brachten we naar polyester comakers en hun constructeurs. Na hun eerste berekeningen bleek het schuim niet één meter

dik polystyreen, maar 300 of 400 mm dik stevig schuim te kunnen zijn, met een onderlaag en bovenlaag van 10mm dikke GRP (Glassfiber Reinforced Polyester). Een dergelijke constructie bestond in feite bij de gratie van de glasvezelwapening, die gebonden werd door de hars en samen met de hars de draagkrachtige laag vormde. Eenvoudig gezegd zou de constructie, opgelegd op twee einden in de bovenlaag op drukspanningen, in de onderlaag op trekspanningen en het tussenliggende schuim op schuifspanningen worden belast. De twee gebruikelijke weefsels waren glasvezels en koolstofvezels. Koolstof was minimaal 10 maal zo duur als glas, schaars leverbaar (Airbus had het monopolie in Europa) en dus niet voor dit project aan de orde. Epoxy werd gewoonlijk in combinatie met koolstof gebruikt en viel hier dus ook af. Van de harsen bleef de keuze tussen polyester en vinylester. De keuze van het schuim begon bij polystyreen, maar al snel bleek dat dit schuim onvoldoende schuifkrachten zou kunnen opbrengen. Er werd gekeken naar polyurethaanschuim. Dat zou echter nog onvoldoende adhesie met de huid geven en gemakkelijk kans op delaminatie. Uiteindelijk viel de keus op PUR schuim met zijn hogere stijfheid, betere adhesie aan de huid en hogere brandbestendigheid. Overige materiële overwegingen leidden direct naar technisch onderzoek en productieonderzoek in de volgende paragrafen. Verder is hier het geometrisch onderzoek ondergebracht. Het zou overigens ook onder toepassingsonderzoek kunnen passen. Een kwestie van interpretatie per project. Als er maar verschillende aspecten worden onderscheiden die min of meer apart kunnen worden behandeld. Ten tijde van de voorbereiding van het prototype was ook duidelijk dat de 3D-tekeningen van alle ruimtelijke componenten tot het totale geheel van de daken moest worden getekend en vastgelegd. Het was onvermijdelijk om alle componenten op zichzelf te omschrijven en ten opzichte van elkaar. Er kwam een verplichte BIM route uit: een Bouw Informatie Model. Waar men BIM in een orthogonaal gebouw nog zou kunnen vermijden, was BIM bij vrijevormgebouwen een absolute noodzaak. Sieb Wichers heeft bijna een vol jaar getekend aan de 3D-vastlegging van de Great Hall, de Library en van het prototype. Dat prototype bestond uit een aantal segmenten van de Library, die na te hebben gefunctioneerd als prototype, konden worden hergebruikt als panelen in het dak van de echte Library. Pas nadat de Library geheel 3D was getekend, kon het prototype eruit gekopieerd worden. Dubbel gebruik van prototype en Library leek handig, maar er was dus ook een voordeel voor een autonoom prototype, dat meteen uitgetekend had kunnen worden en waaraan men nog kon experimenteren.

TECHNISCH ONDERZOEK 32

Dit was de kern van de constructieve analyse, uitgevoerd door Solico uit Oosterhout ('Solutions in composites') die frequent samenwerkte met Holland Composites en veel specifieke kennis had van glasvezelversterkte polyesterconstructies. In eerste instantie ging het in de constructieve analyse om het gedrag bij neerwaartse belasting van eigengewicht, sneeuw en zand, om opwaartse windbelasting en om de thermische belasting door zonstraling. Solico ontdekte al snel dat de meest maatgevende belasting de thermische belasting zou gaan worden. Overdag stond in dit woestijnklimaat de zon genadeloos op het bovenvlak te stralen, terwijl vlak onder het bovenvlak de schuimlaag de opgenomen warmte niet verder doorgeleidde naar de gehele schaal. Die zonnearmte werd dus van twee zijden opgeslagen in de bovenhuid. Die zette overdag door die zonnearmte uit. Het resultaat was grote drukspanningen. De bovenhuid zou snel los komen van het schuim, zou kunnen gaan

delamineren. Hieruit volgde de noodzaak om verticale stringers tussen de bovenhuid en de onderhuid in te voeren. De stringers waren de GRP verbindingstroken tussen boven- en onderhuid. Vanaf toen werd het schuim eigenlijk slechts gezien als een verloren bekisting.

Een ander punt van aandacht waren de opleggingen van de kolomkoppen: de stalen kolomkoppen zouden mogelijk door de huid heen kunnen ponsen door hun lokale reactiekrachten op de dunne polyesterschaal. De kolomkoppen werden uiteindelijk gekozen vlak naast de stringers. Dus de positie van de kolommen was architectonisch bepaald, de positie van de stringers elke 500 mm was vanuit de mallen bepaald. In de polyesterhuid werden aanvankelijk vlakke stalen platen en later stalen dozen ingelamineerd die vooral de twee zijdelingse stringers en verdere het boven- en ondervlak van de stressedskins samen zouden verbinden ter plaatse van de kolomkoppen.

Een laatste interessante overweging was de 8 m lange uitkraging van de Great Hall. De vervorming van de punt van deze grote vleugel was 300 mm opwaarts en neerwaarts. Vijf maal groter dan de vervorming van een stalen constructie zou zijn. Dat is een gevolg van de lagere stijfheid van het materiaal polyester en van de sandwichconstructie. Die had nu een dikte van 300 mm. Om die stijfheid te verbeteren zou de constructie dikker moeten worden: de afstand tussen boven- en onderlaag groter. Maar dat bleek niet het beoogde effect te hebben. Er was maar één grote uitkraging en een dikkere vleugel zou zijn invloed hebben over het gehele oppervlak. Was het aanhouden van de huidige dikte niet acceptabel? Hoofdoverweging was dat er in Israël geen normen bestonden voor polyesterconstructies en dat de beoordeling van de statische analyse aan het gezonde inzicht en de ingenieurskunde werd overgelaten. Er was wel een Israëliësch ingenieursbureau dat die constructies tegenover de overheid controleerde, maar het inzicht en de kunde van het bureau stond aan Octatube het hanteren van de ingenieurskunst toe en beoordeelde het resultaat ook vrij liberaal.

Een grote beweging aan het eind van de uitkraging was niet een probleem als de beweegbaarheid van de vleugel ter plaatse van het glas maar niet zou eindigen in glasbreuk, het breken van de glazen gevelpanelen. Nu functioneerden de dakondersteunende kolommen ook als gevelstabiliserende kolommen. Dus ter plaatse van de glasgevel stonden de glasgeveldragende kolommen. Die kolommen ondersteunden ook ter plaatse het dak en hadden ter plaatse geen last van de vervorming van de vleugelschaal. Het glas zou daar geen enkele invloed van de vervorming van het eind van het dak door ondervinden. Een laatste overweging was de mogelijke vermoeidheid van de grote vleugel door wisselende belasting met refereert aan de bevestiging van een vliegtuigvleugel en wel ter plaatse van de bevestiging van de vliegtuigvleugel aan de romp van het vliegtuig. Op de universiteit van Leuven werden, door de goede contacten van Solico aldaar, langeduurproeven uitgevoerd op de wisselbelasting van de grote vleugel, met een positief, geruuststellend resultaat. Er werd ook een breuktest uitgevoerd.

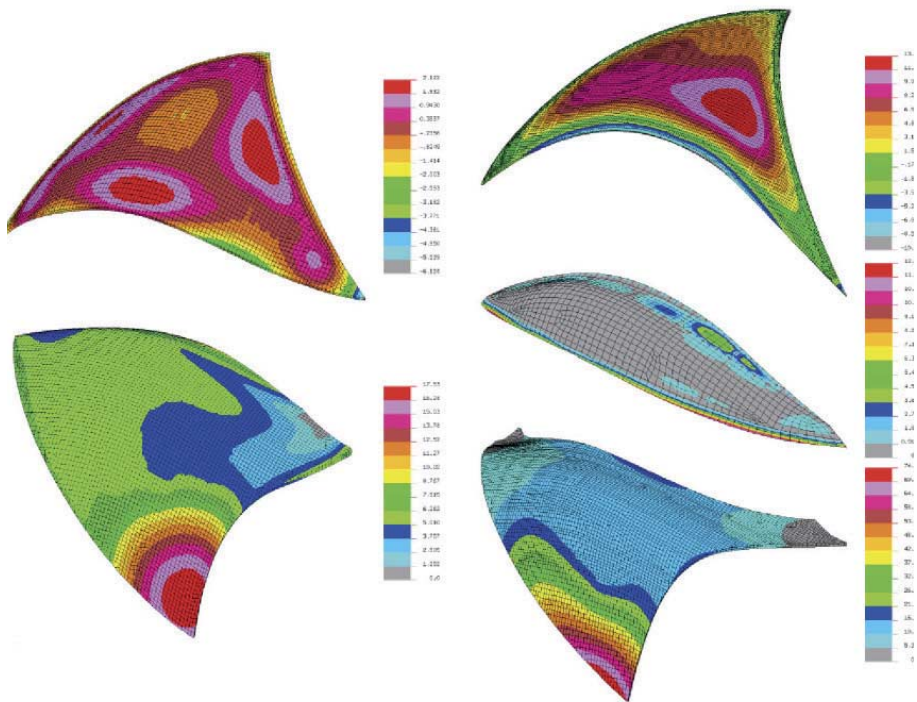


FIG. 123 Een aantal resultaten van vervormingen na belasting van de verschillende dakschalen. Links de Library en rechts de Great Hall (in verschillende schaal overigens)

PRODUCTIEONDERZOEK 33

Het denken over het maken van de mallen bleek een achtbaan te zijn. Heiko Dragstra was een uitvinder in Delft, een Manus-van-alles die een grote tekentafel had ontwikkeld met een freeskop erop. Daarmee zouden schuimblokken gefreesd kunnen worden. Tijdens de gesprekken werden de afmetingen van de blokken achtereenvolgens $1 \times 2 \times 1 \text{ m}^2$, vervolgens $2,5 \times 2,5 \times 1 \text{ m}^2$ en uiteindelijk $3,5 \times 15 \text{ m}^2$. De blokken schuim waren voor het frezen goed aan elkaar te verlijmen. Dat was het probleem niet. Het kraanwerk waaraan de freeskop hing had wel beperkte spanwijdte. De installatie van Heiko was klein. Er werd op een gegeven moment ook overwogen om die schuimfreesen op de bouwplaats te laten plaats vinden, door de freesmachine als één pakket in een container te vervoeren; later hebben we daarvan afgezien omdat de kernproductie toch onder de eigen ogen moest gebeuren met intensieve controle. We hebben tijdens de offerte ook gedacht aan het opbouwen van de schalen in een van de grote lege Nederlandse scheepswerfhallen. Naderhand de complete schalen te vervoeren op een schip dat toevallig ook nog de 'Oslo' heette, vond niet veel bijval uit Israël. Uiteindelijk bleek Heiko, begrijpelijkerwijs nadenkend over de grootte van het project en over de betrokken risico's, ook koude voeten

te krijgen. We vonden bij Marin in Wageningen, die normaliter scheepsrompen freest voor sleeptankproeven, een betrouwbare partner.

De open hand-lay-up methode bleek al snel niet goed genoeg omdat het veel te arbeidsintensief is: elke laag weefsel moest in de polyester gedrenkt steeds weer opnieuw onder handmatig aangebrachte druk worden aangebracht. De caviteiten tussen weefsel en schuim waren minder goed te detecteren en te vullen. De methode van de vacuïminjectie bleek qua constructieve vulling van alle holten veel beter te voldoen en qua arbeidsomstandigheden tijdens de productie veel gezonder, of minder ongezond te zijn.

Centraal was de vraag hoe de krachtswerking in de GRP schalen zou verlopen. Van daaruit volgden er stukken van onderzoek & ontwikkeling, zoals de definitieve keuzen van de glasweefselversterkingen, de definitieve keuze van de hars, de relatie tussen die twee materiaalkeuzen en de vacuïminjectiemethode en het resultaat van met name de materiële vervorming van de geproduceerde segmenten. Die vervorming was interessant om te weten in het vlak van de mal en uit het vlak. In het vlak hield in de krimp van het segment parallel aan de mal. Hoeveel kleiner werd het segment dan de mal? Wat was de krimp in de breedte en in de lengte? De mallen werden eenmaal gemaakt, precies op de maat van de theoretische tekeningen. Het was logisch dat de krimp in het vlak van de mal in de lengterichting veel groter zou zijn dan in de breedterichting. Die krimp bleek soms 10 mm te zijn. Aangezien twee in elkaars verlengde aan te brengen segmenten aan de rand aangehouden zouden worden, betekende dat op de onderlinge montagenaad er een extra naadbreedte van $2 \times 10 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$ zou ontstaan. Die moest constructief overbrugd worden, gevuld met een schuimachtig materiaal en ter plaatse, later op de bouwplaats, gevuld met hars. In de dwarsrichting was die krimp niet zo groot en baarde nauwelijks zorgen. Het bleek nauwelijks te doen om de mallen 10 mm langer te maken, want elke mal was anders en dan zou de kans weer ontstaan dat er segmenten bij zouden zijn die minder zouden krimpen. De continuïteit van de geassembleerde randen was erg belangrijk. De op de bouwplaats geassembleerde randen liepen schuin op de naden tussen de segmenten. Wat we, achteraf beschouwend beter hadden kunnen doen, was een goed doordacht plan te ontwikkelen voor de grotere naden; hoe het vullen zou geschieden met welke materialen en met welke betrouwbaarheid. Dat geschiedde nu meer geïmproviseerd vanuit het handambacht.

Overigens was de constatering van krimp in de segmenten na uitharden beter dan een mogelijke vergroting van de segmenten na uitharden. Krimp was op te lossen. Een vergroting was dat niet. Uitzetting van de segmenten leidden tot grote coördinatieproblemen in de maatvoering van de segmenten. Zoals ook Henry Ford in 1909 ontdekte: het was beter altijd componenten te vervaardigen met een mintolerantie, zodat ze gemakkelijk in elkaar gezet konden worden tot het geheel van de automobiel als artefact. Plustoleranties kostten meten, vijlen en aanpassen. Mintoleranties leidden tot efficiëntie. Nadat de productie op mintoleranties kon worden afgestemd, kon de lopende band pas door Henry Ford worden geïnstalleerd.

De neuzen van de segmenten waren niet constructief, maar sculptureel van aard. Vanwege de maatproblematiek door het krimpen werd besloten de neuzen rondom de schalen er apart op te zetten nadat de segmentpanelen zouden zijn geassembleerd tot een schaal. De neuzen waren als dungewapende, lichte, vervormbare prisma's gemaakt. Ze werden recht gemaakt en zouden rondom tegen de geassembleerde segmenten worden bevestigd door middel van hars en een laatste laag weefsel. Daarbij zouden de neusprofielen gebogen en vaak ook getordeerd worden. Derhalve moesten de neuzen lichtgewapend, buigbaar en tordeerbaar zijn.

De reeds hiervoor beschreven overwegingen betreffende krimp zouden weer terugkomen bij het samenvoegen van de segmenten tot de complete vleugels. Bovendien kwam daar de uitvoering bij van de continue huidspanning uit de constructieve analyse. De prefab wapeningsstroken zouden de huiden van de aanliggende segmenten constructief moeten verbinden en tevens de krimp tussen de segmenten moeten opvangen door de naad op te vullen met constructief betrouwbaar materiaal.

TOEPASSINGSONDERZOEK 34

Is voor speciaalproducten niet aan de orde: geldt voor de onbekende markt van standaardproducten en productsystemen. Is wel interessant als er een tweede of opvolgende projecten zouden komen, want dan wordt de enkele 'one-off' een multipel, een serie of zelfs een systeem. Hierover wordt verder ingegaan onder activiteit 42.

DESIGN & BUILD PROTOTYPE 35

Het Rabin project was een extreem innovatief project, op vele niveaus experimenteel. Dat wisten de engineers en de directie van Octatube, dat begreep ook architect Moshe Safdie. Hij adviseerde derhalve heel verstandig de opdrachtgevers om voorafgaande aan de opdracht van het totale design & buildproject, eerst een klein deel van de opdracht als prototype uit te voeren. Er werd een prototypeproject opgesteld van 100.000 Euro waarin de engineering van de vrijevormschalen kon worden uitgewerkt, een aantal verschillende constructieve modellen konden worden uitgewerkt en tenslotte een samenstel van 3 of 4 segmenten als mock-up zou kunnen worden gebouwd. Omdat het prototype ook een deel van de totale kostprijs was, leek het logisch om een deel van de vleugels van de Library te bouwen.

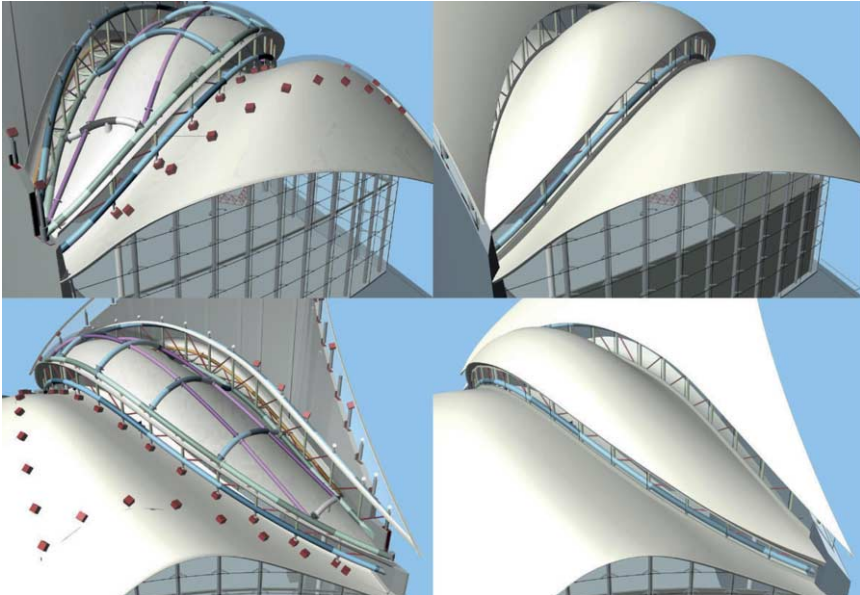


FIG. 124 Noodzakelijk driedimensionaal model van de daken van de Great Hall inclusief alle componenten en elementen, exact op hun plaats gebracht in een 3D BIM model. Zonder een dergelijk model kan vrije vorm architectuur niet geproduceerd en gebouwd worden

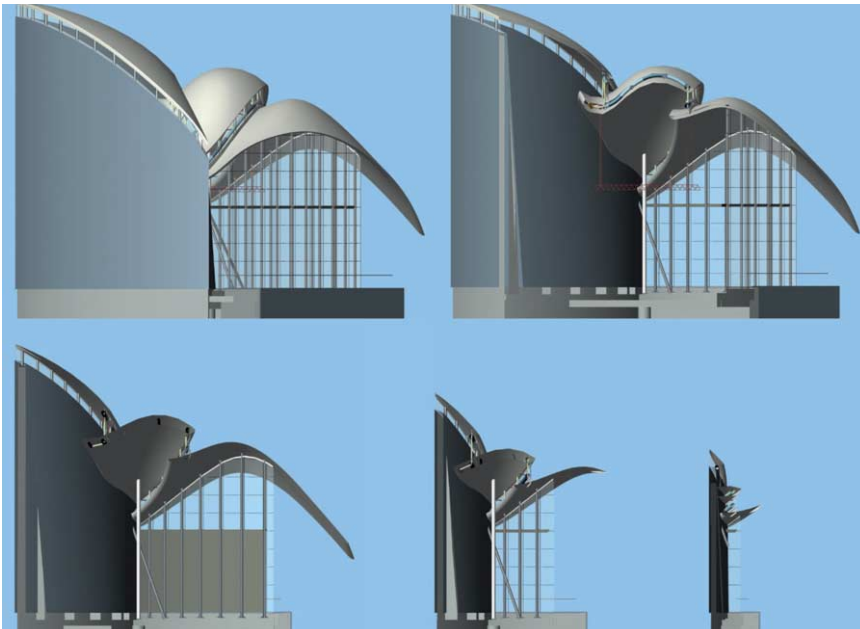


FIG. 125 Een aantal verticale doorsneden van het 3D model van de Great Hall

Dus kwam er de deelopdracht voor een mock-up en een ontwikkelingstijd van een jaar. Sieb Wiegers pakte de vrijevormgeometrie op en kreeg de Library behoorlijk in zijn greep: de twee schalen en de tussenliggende banaanvormige glasstrook. Er werden vier modellen bedacht van alternatieve constructies voor de wings, ingeval de sandwich niet zou lukken. Allereerst een staalconstructie van ronde buizen, in elkaar gelast, met een secundair netwerk van holle aluminium latten, waar overheen een laag van 100 mm schuim zou worden aangebracht, geparkerd met grote schotels op de aluminium latten. Omdat die schuimlaag deuken had ter plaatse van de schroeven door de schotels, werd een tweede laag schuim bedacht, geheel gelijmd op de eerste laag, en zonder denken. Zodat de tweede laag een volledig vloeiend oppervlak zou hebben. Dat oppervlak werd vervolgens afgeplakt met een laag gemalen autobandenrubber, die dan weer afgewerkt zou worden ofwel met een geprefabriceerde membraan met naden van 10 mm breedte, ofwel met een laag gelcoat als een in het UV daglicht zelfopofferde laag die regelmatig zou moeten worden vervangen. Er was ook een prototype met 4 mm glasvezelversterkt polyester over een kern van 200 mm dik polyurethaanschuim.

Van die verschillende constructieconcepten werden constructieve prototypes gemaakt. Het was duidelijk: de architect was alleen gecharmeerd van het laatste prototype met de originele sandwich opbouw en niet van ons plan B in de eerste twee meer traditionele prototypes. Gebruik makend van een van die twee traditionele constructiemethoden, zou het doorleefde, achtvoudig innovatieve experiment aanzienlijk overzichtelijker zijn geworden. Maar dat is achteraf redeneren. In de wetenschap dat dit een onbekende experimentele marsroute zou worden, functioneerde de architect in ieder geval als onze 'product champion', onze paraplu tegen onverwachte en verwachte tegenwerking, en, als het nodig was. Hij was daartoe bereid.

Na de hier genoemde 3 alternatieve uitvoeringen van de constructie in ons plan A (met de sandwichopbouw) en het plan B (in twee uitvoeringen) werd besloten om door te gaan met plan A; de sandwichconstructie. Moshe Safdie is een modernistisch architect, zeer gecharmeerd van een binnenafwerking die parallel loopt aan de buitenhuid. Dat wisten we al voor de allereerste aanbieding. Dus werd het plan A uitgewerkt. Er werd besloten om een hoek te realiseren van de hogere Library vleugel. Drie segmenten die vervaardigd en vervolgens aan elkaar gekoppeld zouden worden en beoordeeld in het koppeling en hun esthetisch uiterlijk. De mock-up in Lelystad werd gebouwd in februari en het sneeuwde nog toen de architect kwam kijken. Terwijl de realistische zomertemperatuur tijdens de assemblage 40 graden Celsius zou zijn. Resultaat: de naden waren goed afgedekt en onzichtbaar en het vloeiende verloop van de bovenhuid was naar volle tevredenheid zichtbaar. Wij wisten wat we zouden moeten doen om het zover te krijgen en het resultaat was naar tevredenheid van Moshe Safdie.

TEST PROTOTYPE 36

Hier wordt normaliter gerefereerd aan constructieve tests van het prototype. In dit geval waren er geen vragen bij de constructieve analyses van Solico betreffende de optredende spanningen. Minder helder was het vooruitzicht op een mogelijk optredende vermoeidheid

van de vleugeluiteinden bij wisselende belastingen. Daar werd dan ook door verzoek van Solico een langeduurproef op uitgevoerd bij de Universiteit van Leuven. In deze stap 'test prototype' dienden alle mogelijk proeven te worden begrepen die een constructief karakter hebben, op korte duur of lange termijn. Daar werd onder activiteit 32 ook aan gerefereerd.

VOORLOPIGE KOSTPRIJSBEREKENING 37

Na de diverse onderzoeken en test werd de definitieve productiemethode steeds duidelijker en werd er een nacalculatie gemaakt van de kostprijs bij Holland Composites. De kostprijs viel hoger uit dan aanvankelijk begroot, maar gezien Holland Composites een vaste prijs als comaker van Octatube was aangegaan, had dit geen invloed op de externe prijs. Bij Octatube werd het steeds duidelijker dat er een boeiend, maar tevens complex proces was aangegaan. Ook Octatube kon met die prijsconsequenties geen kant uit. Het was ja of nee; niet ja maar.

PROTOTYPE ACCEPTABEL? 38

Voor de comaker Holland Composites en haar constructeur Solico bleek de gevolgde productiemethode haalbaar en uitvoerbaar. Octatube werd overtuigd dat de productiemethode aan de hand van modellen tot een goed resultaat zou leiden en stemde ook toe. De architect tenslotte, was als vertegenwoordiger van de opdrachtgevende zijde zeer gecharmeerd en regelmatig 'amazed'.

EVALUEER PROTOTYPE 39

Het principe van de ontwikkelde BIM modellering van de GRP schalen en de tussenliggende banaanvormige glasstroken, het ontwikkelde productieproces voor de sandwichsegmenten, het voorliggende realisatieproces en de mogelijke donkere wolken boven de kostprijs waren redelijk duidelijk. Geen reden om van de koers af te wijken en zo werd het go-ahead gegeven door de opdrachtnemende en de opdrachtgevende zijde.

EVALUEER PROJECT 40

Het was een proces waarvan het overgrote deel van de verantwoordelijkheid rustte op de uitvoering door Holland Composites, een ongemakkelijk gevoel voor Octatube, want zij had geen alternatief. Gelukkig zou Holland Composites dat vertrouwen niet beschamen. Er werden aan de Israëlische zijde heel wat rookwolken opgeworpen, die meer te maken hadden met de politieke kleur van de toenmalige (conservatieve Likhoud)regering versus dit initiatief van de Arbeiderspartij (van Rabin en Perez) dan het gebrek aan engineeringinzicht over polyesterconstructies bij de goedkeurende partijen in Israël. Voor alle betrokken was het een enerverend en experimenteel proces. Aan dit prototypefase is een vol jaar tijd en energie besteed. Er waren in Nederland weinig projecten zo experimenteel dat de architect en de opdrachtgever het wijs vonden om een prototypefase in te bouwen. Maar dat was soms verkeerde zuinigheid. Er waren veel nogal experimentele projecten in het verleden van Octatube waar een dergelijke prototypefase een ehech,

een aantal slachtoffers of bij velen een slechte nasmaak had kunnen voorkomen. Als er geëxperimenteerd en veelvuldig geïnnoveerd zou moeten gaan worden, zou dat beter gaan met beleid en met een prototypefase vooruitlopend op de uitvoering.

GOEDKEURING DOORGAAN? 41

Zowel van de zijde van de directie van Octatube en Holland Composites als de comakers, als van de zijde van de opdrachtgever en de architect werd volmondig besloten na het prototype op deze weg door te gaan.

DOORZETTEN MARKETING PLAN 42

Was in dit project met speciaalproducten voor het Rabin Center niet zo zeer aan de orde omdat het om één project ging. Het ging niet om het begin van een serie zoals dat met systeemproducten en standaardproducten gaat [waarvoor het organogram is ontwikkeld].

Nu het project bijna 10 jaar geleden werd opgeleverd, is er wel zeker een nieuwe markt geformeerd. Het grote aantal Nederlandse composietgevels dat in het laatste decennium werd gebouwd is een uitstralend gevolg van het experimentele Rabinproject met de visueel overtuigend positieve afloop. De financieel zeer schommelende en vaak nogal negatieve resultaten van deze composietgevels baarden de jonge composietindustrie grote zorgen. Liever een gezonde dan een gehavende industrie, zou men denken. Maar vanaf de opdrachtgevende kant werden de duimschroeven vaak hard aangedraaid met bedrijfssluitingen als gevolg.

10.03 FASE 3: PRODUCTFABRICAGE

De derde fase van de speciale componenten voor het Rabin project ging over de productfabricage. Voor alle duidelijkheid: daar behoorde in principe ook de volledige engineering bij van na de prototypefase. Die engineering was allereerst de geometrische vastlegging van de vorm van de vleugels, de banaanvormige glasstroken, de onderstaande glasgevels, de werktekeningen van alle onderdelen, de volledige constructieve analyse van het polyesterwerk, de statische analyse en het tekenwerk van het onderstaande staal- en glaswerk [inclusief de banaanvormige glasstroken en de afwerkingen]. Dat zou de engineeringvoorbereiding vormen. Vervolgens zouden de producties aan de beurt komen van de polyestersegmenten, de stalen kolommen en bovenkolommetjes, het stalen ruimtevakwerk in het centrale deel van de Great Hall en de glaspanelen. Dan het vervoer van de productieplaatsen naar Tel Aviv, de logistiek van het transport, de bouwplaatsinrichting, de bevestiging van de segmenten tot gehele vleugels. De installatie van de diverse onderdelen door middel van het inhijzen van de vleugels op de kolommen. Het installeren van de glazen gevels. Het brandvertragend afwerken van de binnenzijde van de vleugels met een stucachtig materiaal, het zg. 'Spack'.



FIG. 126 Foto's over de productie van de polyester schalen: het frezen de mallen, de versterkingen, het inleggen op de mal. Het vacuüm zuigen van de totale sandwich inclusief beide glasvezelhuiden en uiteindelijk een deel van de overgebleven polystyreen mallen

DOEL PRODUCTFABRICAGE 55

Doel van deze derde fase van de productfabricage was om de experimentele productie van de vijf schalen uit te voeren, tot en met oplevering. Gezien het de eerste volledige productie betrof, diende deze ook met de nodige behoedzaamheid te geschieden. De daken van de Library waren kleiner dan de andere schaaldaken. Dus werden eerst de twee kleine schaaldaken geproduceerd, compleet als proef in elkaar gezet, weer gedemonteerd en vervolgens vervoerd naar Israël en definitief geassembleerd en geïnstalleerd, alvorens aan de productie van de andere schalen werd begonnen. De twee schalen van de Library werden gezien als de 'eersteling' ofwel 'proefproductie' in de productie. De vleugels van de Great Hall werden vervolgens gezien als de 'nulserie' in de termen van dit boek.

PROCESBORGING 56A

Na de eerste fase van het conceptontwerp en de tweede fase van de prototypeontwikkeling nu de derde fase van de experimentele productie. De principes werden alle al in de voorgaande fasen aan de beurt geweest. Nu moest alle kennis (en inzichten) opgeschaald worden. Door de opdrachtsom en de begroting waren er fondsen aanwezig; er waren comakers geselecteerd die zich tijdens de prototypefase bewezen hadden (Holland Composites, Solico en Marin) en inmiddels ervaren medewerkers bereid gevonden om de verschillende onderdelen van het werk uit te voeren. Er waren verwachtingen vanuit de opdrachtgevende kant en vanuit de architect en er was een enorme zin om een prachtig avontuur te doorlopen. Die energie bleek later hard nodig want het werd een ingewikkeld project.

FINANCIËLE ZORG 56B

Doordat de opdrachtsom vaststond en de verschillende deelnemers hun inschattingen hebben gemaakt, er financiering bij de verschillende fasen van producties en installaties met de opdrachtgever zijn overeengekomen, was er liquiditeit voorhanden.

BEMENSING 56C

In de tweede fase van de prototypeontwikkeling hebben de medewerkers van de verschillende comakers al met elkaar en elkaars kunde en kennis kunnen maken. Het hart van de engineering lag in Octatube bij die ene bouwtechnologie-ingenieur die alle 3D-programma's beheerst en beheert: Sieb Wichers. Zijn inzet en zijn continuïteit zou in het project van grote waarde blijken. Eén enkele persoon op een centrale plaats zou in een dergelijk project ook zeer kritiek kunnen zijn, hoewel de onmisbare Sieb Wichers in 4 jaar tijd van het project nooit één dag ziek is geweest. Een competente vervanger of 2e man zou echter altijd verstandig zijn.

1E PRODUCTTOEPASSING 57

Deze stap hield de proefproductie in termen van dit boek in: de productie van de twee schaaldaken van de Library. Deze GRP schalen waren betrekkelijk klein, maar praktisch alle moeilijkheden, details en overwegingen van de Great Hall waren aanwezig. In feite werden nu op werkelijke schaal alle activiteiten doorlopen. Allereerst de engineering door Octatube van de geometrie van alle onderdelen: de schalen in segmentpanelen opgebouwd, de ondersteunende kolommen en de kolommetjes bovenop de hoge betonnen muren voor de achterschalen, de glazen dubbelglasgevel. Dit alles werd vastgelegd: van overall geometrie, componentvorm tot en met werkplaatstekeningen. Vervolgens volgde het maken van de maltekeningen door Holland Composites, het vervaardigen van de mallen door Marin, het verstevigen van de bovenzijden van de mallen met epoxy die het polystyreen niet aantast. Het produceren van de segmenten in vacuïminjectiemethode werd gevolgd door het compleet proef opbouwen van de verschillende segmenten in de twee eerste schalen van de Library op het buitenterrein van Holland Composites. Behalve op de continuïteit van de schaalsegmenten werd ook gecontroleerd op de overall maatvoering en de posities

van de stalen oplegpunten voor de kolommen. Daarbij bleek dat de op mintoleranties gebaseerde maatvoering geen wezenlijk probleem opleverde. Vervolgens werd het transport voorbereid. De segmenten konden zodanig gekromd worden dat het splitsen en delen en het optimaal 'nesten' van de segmenten veel voordeel opleverde. Bij zorgeloos nesten zou wellicht tweemaal zoveel volumen nodig zijn geweest. Voor het transport werden grote open containerskeletten gemaakt van inwendig 3,5 x 15 m, die nog net over de weg in Nederland en Israël vervoerd zouden kunnen worden.



FIG. 127 Proefopstelling van de eerste drie segmenten aan elkaar geconstrueerd, in de sneeuw van Lelystad



FIG. 128 Transport van de compact gestapelde schaalsegmenten

Op de bouwplaats werden de segmenten op speciaal gemaakte stalen steigers aan elkaar gekoppeld door middel van dubbelzijdige klemmen, die de onderhuid en de bovenhuid aan elkaar klemden. Daarna werden er geprefabriceerde GRP wapeningsstroken aangebracht die pasten in de speciaal voor dit doel 10 mm versmalde dikten van het segment boven en onder. De stroken werden met epoxy vastgelijmd en geschroefd om tijdens het uitharden voldoende druk op de epoxyhars te verkrijgen. De schalen werden hol geassembleerd: als men zou vallen, dan viel men niet van de bolle schaal af maar in de diepte van de holle schaal. De versterkte stroken werden zowel van boven af als van onder af bevestigd. Daarna werden de kieren ter weerszijden van de versterkte stroken afgeplamuurd en vervolgens werd het bovenvlak en de buitenzijde van het ondervlak van een doorlopende gelcoat voorzien. Deze gelcoatafwerklaag zou zich opofferen in de loop van de tijd doordat ze de UV straling op de schalen opving. De gelcoat moet regelmatig verfrist worden. De gelcoat werd op haar beurt weer beschermd door een transparante was, die frequent ververst moest worden, omdat ze snel erodeerde onder UV-licht en dof werd. Zie de doffe glans op de rompen van zeiljachten in de havens van de Middellandse zee.



FIG. 129 De segmenten van de onderste schaal van de Library wordt in holle vorm (met minder gevaar voor vallen van eigen personeel) geassembleerd

Nadat deze handelingen waren verricht, werden de schalen ingehesen met behulp van mobiele kranen en op de gereedstaande kolomkoppen en het stalen spant bevestigd door middel van bouten. Tevoren hadden we ter plaatse van de hoge kolommetjes onder de hoge vleugels, aan de achterzijde van de Library al door metingen geconstateerd dat de ankers van de kolommetjes tot maximaal 150 mm uit hun positie stonden. Maximaal 20 mm is normaal in de betonbouw. Daarvoor moesten er in de voetplaten grote gaten worden voorzien, zodat die voetplaten maximaal 20 mm verschoven konden worden tot op de positie die correleerde met de theoretische tekeningen, waarop ook alle andere componenten afgeleid waren in hun maatvoering. Het kostte een behoorlijke overreding en powerplay om de Israëliëse bouwkundig aannemer ervan te overtuigen dat 150 mm terug moest naar 20 mm. Hij zag het niet als zijn probleem. Dat ging met behulp van dikke stalen platen onder de onderplaten. Normaliter moest er worden gehakt in de beton. De voorzieningen die er waren aangebracht in de details van de verbindingen om te grote toleranties te kunnen neutraliseren, bleken voldoende om de kolommen daarna te kunnen plaatsen en de verbindingpunten van het spant te benutten. Het resultaat van de twee daken stelde niet teleur. In mijn ogen was het esthetisch een succes, het zag er mooi gelijnd en sculptureel uit. Bovendien liep de installatie constructief, assemblagetechnisch en installatietechnisch in de lijn van de verwachtingen. Ik was zeer tevreden.



FIG. 130 De tweede, bovenste schaal van de Library wordt ingehesen



FIG. 131 Alpinistmonteurs van Octatube bezig op een volgende schaal met op de achtergrond de beide gemonteerde schalen van de Library

REACTIE KLANTEN 58

Speciaal bij de ontwikkeling van standaardproducten en systeemproducten zou deze stap van belang zijn, omdat er gewerkt zou worden met een onbekende markt. In het geval van speciale componenten zoals in het Rabin project, was de klant wel degelijk bekend. De architect werd door Octatube gezien als 'product champion' en was tevreden met de voortgang en de getoonde accuratesse in de engineering en in de productie.

In dit geval zou wellicht gememoreerd kunnen te worden dat er een nieuwe potentiële klant aan de horizon verscheen met de publicatie van de eerste resultaten van de bouwactiviteiten: toen de Library daken waren geïnstalleerd en gepubliceerd, kwam er een contact vanuit het Londense bureau van Zaha Hadid, met de vraag of we wilden meedoen met de aanbesteding van de Mediatheque in Pau, Frankrijk [Pyreneeën]. De Rabin daken waren wit. De tweede architect wilde niet de eerste architect nadoen (hoewel haar ontwerp oorspronkelijk wit was) en had uiteindelijk een zwart vrijvormdak ontworpen. Zwart en naadloos was de uitdaging. Zwart betekende koolstofepoxy. Die moest gecured worden in een oven van 100 graden Celsius gedurende enkele dagen. Dus dit hield weer een enorm wild experiment in. Wel heel spannend maar financieel levensgevaarlijk. Holland Composites was niet ervaren in koolstofepoxy. Leen Schaap, die de twee ABN Amro schepen in Lelystad had gebouwd, vond het object veel te groot. Uiteindelijk zouden we samen aanbieden met een in koolstofepoxy ervaren scheepsbouwer, Green Marine, uit Southampton. We dachten

eraan om lokaal in Pau een grote fabriek te bouwen, waaronder de constructie in de vorm van prefabpanelen van koolstofepoxy zou kunnen worden opgebouwd en vervolgens zou kunnen worden gecured. De prijs was 22 miljoen Euro voor alleen het dak, terwijl we uit de internetverslagen van de raadsvergaderingen van Pau wisten dat het budget voor het totale gebouw 20 miljoen was. Gelukkig voor de stad Pau stierf de burgemeester de avond van de aanbesteding. Hij had al zeven maal met succes een 'Grand Traveau' in de stad tot stand gebracht en was overigens zeer geliefd. Daarmee ontsnapten alle betrokkenen aan een echech. De les van de behoedzame Moshe Safdie, die eerst een prototype fase had ingelast alvorens de productie en bouw van start ging, was hier niet toegepast. Europees aanbesteden op een superexperimenteel project waar niemand in de wereld ervaring mee had, zou een zeker recept voor een grote mislukking geweest kunnen zijn.

PRODUCTIEPLAN 59

De engineering van de daken van de Great Hall was nog wat complexer dan die van de Library. Ten eerste omdat de central body een ruimtelijk vakwerk bevatte met een groot aantal gekromde buisstukken, die tezamen en in elkaar gelast een ruimtelijk vakwerk zouden vormen. Over de totstandkoming van het ontwerp zijn 36 brieven geschreven tussen Mick Eekhout en Moshe Safdie. Met allerhande overwegingen.

Verder waren alle details al wel behandeld en opgelost in de eerste productie en bouw van de Library schaaldaken. De schalen van de Great Hall waren uiteraard complexer dan die van de Library. Deze enkele zin omvat dus in feite 6 maanden productie.

RESULTATEN ACCEPTABEL? 60

De resultaten van de producties waren conform de verwachtingen. In de mallen diende op het laatst nog cementrijke vezelplaten te worden geïntegreerd aan de plafdzijdige van de sandwichschalen vanwege een laat ingekomen brandwerendheidseis.

START PRODUCTIE 61

De afmetingen van de vleugels van de Library waren zodanig lang dat er helaas in de dwarsrichting ook productienaden moesten worden aangebracht, die ten eerste goed moesten worden gedefinieerd, ten tweede hun invloed op het maken van de mallen hadden en ten derde die op de bouwplaats op een constructief betrouwbare wijze dienden te worden gedicht. Dwarsnaden waren voor de hemelwaterafvoer, zoals bekend, altijd gevoeliger dan langs naden, omdat ze potentieel meer of sneller waterlekkages zouden kunnen veroorzaken bij onvoldoende handambacht. Want het dichten van de naden tussen de segmentpanelen op de bouwplaats was puur handambacht in het polyester. Vanwege de uitkraging, werd besloten om de dwarsnaden in het bovenvlak van de schaal aan te brengen en niet in het onderste deel van de schaal, ter plaatse van de uitkraging.

VERKOOP NULSERIE 62

Was niet een thema bij dit project, wel bij standaardproducten en systeemproducten of bouwsystemen. Verkoop van de nulserie, de Library, geschiedde reeds bij tekening van het contract.

NULSERIE 63

We stapten nu over van de proefproductie naar de nulproductie. Daarmee werd deze paragraaf van toepassing op de schalen van de Great Hall. Inhoudelijk was de informatie reeds in voorgaande activiteiten behandeld. Bij andere projecten die dit Organogram volgen, zou dat wellicht anders kunnen zijn.

ENGINEERING NULSERIE 64

Allereerst diende de complete engineering door Octatube te worden uitgevoerd van de geometrie van alle onderdelen van de Great Hall: de schalen in segmenten opgebouwd, de ondersteunende kolommen en de kolommetjes bovenop de hoge betonnen muren voor de achterschalen, de glazen dubbelglasgevel, de banaanvormige glasstroken en de onderstaande glasfacades. Dit alles te behandelen vanaf de overall geometrie, de componentvorm tot en met werkplaatstekeningen en de assemblage- en montagetekeningen. Daarnaast de constructieve analyse van de GRP schalen door Solico, inclusief het afronden van de langeduurproef van de lange uitkraging onder wisselbelasting, het nakijken en inpassen in de overal statische engineering van Octatube. De lokale Israëliëse autoriteiten waren uiteraard niet ervaren genoeg in glasvezelgewapende polyesterconstructies om de overlegde berekeningen goed en als betrouwbaar te kunnen aftekenen. Daarvoor werd een constructief ingenieursbureau ingeschakeld die met het functionele inzicht van de constructeur de rapporten naakte en uiteindelijk 'voor gezien' goedkeurde. 'Voor gezien' is natuurlijk niet hetzelfde als 'voor akkoord'.

Het verschil werd vooral gevoeld aan de zijde van de opdrachtgever, die bovendien het politieke klimaat tegen had en vaak de indruk had dat allerlei anti-Rabingevoelens, ingestoken vanaf de Likhoud-partij, een rol speelden. Maar dat waren vermoedens die achter een mist van Hebreeuws schuil ging. We hebben in die tijd voor de zekerheid een secondopinionrapport laten opstellen door twee hoogleraren van de faculteit Lucht- en Ruimtevaart, de professoren Adriaan Beukers en Michel van Tooren. Zij vormden wellicht de laatste stootkracht tegen de ontbrekende motivatie bij de opdrachtgever en de Israëliëse overheid om toe te stemmen met de productie te starten .

PRODUCTIE EN ASSEMBLAGE 65

Het bouwproces verliep moeizaam, doordat er duidelijk veel meer uren moesten worden geïnvesteerd in de assemblage van de segmenten tot schalen en omdat er veel gemeten moest worden. De zon gaf een werktemperatuur in de schaduw van vaak hoger dan 40° C, zodat er onder schaduwdekens moest worden gewerkt. Liever 's avonds en 's nachts dan overdag. De vloerhoogte van het gebouw was meer dan 40 m boven de bestrating. De daken

waren zodanig gekromd en hoog dat het werken op de daken verre van eenvoudig was. Maar over de technische resultaten bestond zowel bij de architect en de opdrachtgever als bij Octatube en haar comakers tevredenheid. De financiële offers waren echter groot, zowel bij Holland Composites, die zich als producent verslikt had in een bouwplaats op 5000 km afstand, als bij Octatube die de overal leiding had en ervoor moest zorgen dat uiteindelijk het complex naar genoeg opgeleverd moest worden. Maar alle co-makers adverteren nu, 10 jaar later, op hun site uitgebreid met de vrijevormdaken van het Rabin Center als opmerkelijk resultaat.



FIG. 132 Het resultaat van de Library vleugels stemde uiteindelijk na het inhijzen en monteren tot grote tevredenheid zowel als sculptuur en als constructie



FIG. 133 Drone view van de gemonteerde daken daags voor de 10-jarige herdenking van de moord op Yitzak Rabin (nov. 1995). De beide kranen gaan just-in-time weg

VERANDERINGEN ? 66

Na de realisatie zijn er gronden voor een evaluatie, alvorens men een nieuwe productie zou wensen te beginnen. Een deel van die evaluatie werd gevormd door een rapport zoals dit gehele hoofdstuk 11 is. Van alle evaluatiecriteria van stap 4 werd alleen de haalbare kostprijs niet gerealiseerd. Het project was in feite te klein om voldoende financiële draagkracht te vormen voor de ontwikkeling van een geheel nieuwe technologie. Een tweede en groter project zou welkom zijn om de opgedane kennis en inzichten te amortiseren.



FIG. 134 De Great Hall aan de buitenzijde gezien vanaf het terras



FIG. 135 Het interieur van de Great Hall met de zonwering uitgerold en een uitzicht over de Hayarkon vallei en de stad Tel Aviv er achter

RADICALE VERSUS INCREMENTELE INNOVATIE

Allereerst bleek het Rabin project toch door de vele innovaties voor betrokken een dermate complexiteit te bevatten dat het proces moeilijk stuurbaar was. Innovaties zijn interessant en men kan zich er naderhand naar buiten toe behoorlijk mee profileren, maar men kan er ook in stikken, of er van tevoren bang voor zijn. In dat geval wordt het project niet aangegaan en kan men later klagen dat de bouw niet innoveert. In het algemeen zou het bij het productontwikkelen in het midden- en kleinbedrijf verstandig zijn om incrementeel te ontwikkelen: met kleine stapjes vooruit in elk achtereenvolgend project.

Het alternatief, radicale innovatie genoemd, was hier aan de orde en wordt daarom ook beroemd. In dit project had de innovatie maar liefst acht niveaus op elk niveau ontbrak de ervaring, hetgeen het proces moeilijk stuurbaar maakte:

- 1 Vrijevormschaaldaken;
- 2 Nieuwe computerontwerpprogramma's;
- 3 Geometrische BIM modellenbenadering;
- 4 Glasvezelgewapendepolyester;
- 5 Dragende sandwichconstructies;
- 6 Vacuüminjectieproductiemethode;
- 7 Logistiek; productie in Nederland en assemblage in Israël;
- 8 Israëlische normen en wetgeving.

VERBETERINGEN 67

Er zouden voor een volgend project op veel punten verbeteringen te maken zijn, maar deze zouden elke geval sterk afhankelijk zijn van het project zelf en van de ervaringen van lezers die de wederwaardigheden van dit project nu gelezen hebben.

VERKOOP NAVOLGENDE PRODUCTIES 68

Is alleen aan de orde bij standaardproducten en bouwsystemen/productsystemen. Mogelijk komt er een volgend project. In dat geval zullen een aantal aspecten zeker meer efficiënt moeten worden uitgevoerd.

LANCERING PRODUCT 69

Is ook alleen aan de orde bij standaardproducten en productsystemen. Maar de nieuwe trend in Nederland om composietgevels te ontwerpen en te realiseren, slaat bij architecten aan en heeft zijn oorsprong in de vleugels van het Rabin Center. De branche van de Nederlandse composietindustrie leeft ervan.

Bij het doorlopen van het project van de GRP schaaldaken was het mijn ambitie om op een wereldnieuwe wijze het project te herontwerpen en te bouwen. De wereld te verbazen. Een nieuwe technologie te scheppen. Die ambitie was al tevreden gesteld toen de eerste twee schaaldaken van de Library waren gemonteerd. Ze zagen er prachtig en sculptureel uit!

Toen waren er 3 jaar voorbij gegaan van grote inzet, veel energie en aanzienlijke vindingrijkheid. Het was een uitdagend ingenieursproject. Alle betrokkenen hebben er hun eigen gedachten over.

Nu het inmiddels ten tijde van het schrijven van dit boek 10 jaar geleden is, kijk ik tegen dit proces aan als een beetje te experimenteel project, met een te klein budget, maar met een verrassend resultaat en een zeer grote maatschappelijke uitstraling. Het project was dermate complex dat ik er een apart boek over heb beschreven, *'Lord of the Wings, the Making of Free Form Architecture'*, [Ref. 37]. De geleerde lessen zijn te kostbaar om verloren te laten gaan. Het is voor de leerstoel Productontwikkeling aan de TU Delft, die ik als emeritus hoogleraar in 2015 afsluit, een uitstekend voorbeeld van componentontwerpen en productontwikkeling. Liever schrijf ik het boek zelf dan een (overigens excellent) historicus zoals Ross King dat zou kunnen doen, zie 'De koepel van Brunellesci', waarin men eenzelfde soort avontuur kan herkennen, 600 jaar geleden.



FIG. 136 Het Rabin Center gezien vanaf de tuinen geschonken door de Clintons

11 REFERENTIES

- 1 Jan Buijs en Rianne Valkenburg, Integrale productontwikkeling, Uitgeverij Boom Lemma, 2005, ISBN 90-5931-349-6 / 90-5189-528-3
- 2 Johan Eekels en Wim Poelman, Uitgeverij Boom Juridische, 2001, ISBN 90-5189-436-8
- 3 Taeke de Jong en Ype Cuperus, Ways to study
- 4 Taeke de Jong, De kleine methodologie, Uitgeverij Boom, 1992, ISBN 90-5352-016-3
- 5 H. van den Kroonenberg en F. Siers, Methodisch ontwerpen, Uitgeverij Noordhoff B.V, 2004, ISBN 90-0150-901-0
- 6 Hennes Ridder, De legalisering van de bouw, 2011, ISBN 97-8907-8171-15-7
- 7 Prof. dr. ir. Mick Eekhout en prof. dr. ir. Arjan van Timmeren, Concept House Delft Prototype, IOS Press, Amsterdam, 2015, ISBN 97-8940-6740-76
- 8 Roozenburg en Eekels, Productontwerpen, structuur en methoden, Uitgeverij Lemna, Utrecht 1991, ISBN 90-5189-067-2
- 9 Karel Vollers, Twist & Build, O10 Publishers, Rotterdam, 2010 ISBN 90-6450-410-5
- 10 Prof. dr. ir. Mick Eekhout, POPO, ProcesOrganisatie voor ProductOntwikkeling, Fac der Bouwkunde Delft 1996
- 11 Schalkoord, 5 Jarenplan onderzoek Bouwtechnologie, 18.03.96
- 12 Meijdam, Ravesloot, Criteria voor wetenschappelijk ontwerp & onderzoek, Baio, Bouwkunde TU Delft 1996.
- 13 Van Duin, Vorm en functie, Publicatiebureau Bouwkunde Delft, 1995 ISBN 90-5269-173-8
- 14 Focque, Ontwerpsystemen, een inleiding tot de ontwerptheorie, Antwerpen 1975
- 15 De Ridder, Het ontwerp van Nederland, Delftse Universitaire Pers 1995
- 16 Prof. B.M. Polak, Functioneel ontwerpen, dictaat Civiele techniek BB 25, Delft 1993 ISBN 90-10-104125
- 17 Prof. dr. ir. Mick Eekhout, Tubular Structures in Architecture, Cidect Geneve 1996 ISBN 90-75095-26-0
- 18 Taeke de Jong, Diëtsrede 1995
- 19 Jacobs, Kuijper en Roes, De economische kracht van de bouw, noodzaak van een culturele trendbreuk, Stichting Maatschappij en Onderneming, Den Haag 1992 ISBN 90-6962-077-4
- 20 Prof. dr. ir. Mick Eekhout, Free form Architecture from Delft IOS Press, Amsterdam, 2015, 9-7816-1499-553-1
- 21 Boelen et al, Criteria voor wetenschappelijk ontwerp en onderzoek, Uitgever Demian, Delft 1996, ISBN 90-8029-291-5
- 22 Womack, Jones & Roos, The Machine that changed the World, the story of lean production, Harper Perennial New York, 1991 ISBN 0-06-097417-6
- 23 Taeke de Jong, Inleiding Technische ecologie & Milieuplanning, monografie 20 faculteit Bouwkunde TU Delft 1994
- 24 Attaran, Fuzzy logic: de ijzeren logica voorbij, Journal of Systems Management maart/april 1996, PEM Select, Kluwer bedrijfswetenschappen Deventer 1996 nr 3
- 25 Prof. dr. ir. Mick Eekhout, Gespannen glas, Zappi of productontwikkeling voor het NAI, NAI Publishers Rotterdam 1996 ISBN 90-72469-78-X

- 26 Sabbagh, Skyscraper, the Making of a Building, Penguin New York
1990, ISBN 0-1401-5284-9
- 27 Van Rossum, Stadbouwkunst: de stedelijke ruimte als architectonische opgave, Uitgeverij
010 Rotterdam 1996 ISBN 90-5662-012-6
- 28 Prof. dr. ir. Mick Eekhout, Architectuur tussen traditie en experiment, of Zappi en het
uitdagende productmysterie, Delft, 1992.
- 29 Ludwig Wittgenstein, Tractatus Logico-Philosophicus, Wenen, 1923.
- 30 Prof. dr. ir. Mick Eekhout, Architecture in Space Structures, 010 uitgevers, Rotterdam, 1989.
- 31 Prof. dr. ir. Mick Eekhout, Product Development in Glass Structures, 010
uitgevers, Rotterdam, 1990.
- 32 R.Leduc, Marketing van nieuwe producten, Samson, Alphen a/d Rijn, 1973.
- 33 Prof. dr. ir. Mick Eekhout, Glimpses of the Future, Boosting, 2013, Rotterdam.
- 34 Nicole Peeters, Demontabel Bouwen als kans voor milieubewuste huisvestingsconcepten,
TU Delft, 2000, Delft, ISBN 90-770-7215-2
- 35 Marcel Bilow, International Façades, 2020, ABE, TU Delft, ISBN 90-7894-6186-027-9
- 36 Prof. dr. ir. Mick Eekhout, Delft Glass Innovation Design, Octatube, 2015, Delft.
- 37 Mick Eekhout, Sieb Wichers, Lord of the Wings, IOS Press, Amsterdam, 2015,
ISBN 9-781-6149-9549-4
- 38 Peter van Swieten en Mick Eekhout, The Delft Prototype Laboratory, IOS Press, 2015,
Amsterdam, ISBN 9-781-6149-9545-6
- 39 Kwaliteitsbeoordeling in de ontwerpende en consumerende disciplines, KNAW Amsterdam
2010, ISBN 9-789-0698-4619-4
- 40 Christopher Alexander, Notes on the Synthesis Form, ISBN 0-674-627521-2
- 41 Ross King, De koepel van Brunelleschi, 9-0234-1708-9

12 EPILOOG



Jos Lichtenberg

Naarmate de markt sneller verandert worden productontwikkeling en ontwerp steeds belangrijker. In de bouw is de vraag momenteel sterk in beweging en de reactie vanuit de aanbodzijde komt nu echt op gang.

Kenmerk van een markt die pas net in transitie is, is dat velen de [aanstaande] verandering nog niet erkennen, en voor zover dat wel zo is overwegend een afwachtende houding aannemen. Dat is verklaarbaar omdat er veel moed voor nodig is om uit de gangbare routines te ontsnappen en het anders dan alle anderen te doen. Rogers' diffusie theorie leidde om die reden in de 60-er jaren tot de bekende indeling in innovators, early adopters, early majority etc. Sommigen reageren immers snel, anderen kijken liever de kat uit de boom.

In de maatschappij hebben zich de laatste decennia grote veranderingen voorgedaan. De opkomst en ontwikkeling van de computer [nu ruim een halve eeuw onderweg] is in het oog springend met een grote impact m.b.t. globalisering, communicatie, informatisering, automatisering, nieuwe sociale netwerken, etc. kortweg ICT. Voorts sinds de Club van Rome [bijna 50 jaar geleden] de groeiende aandacht voor een duurzame samenleving, gezondheid, om er maar een paar te noemen.

De verandering wordt steeds breder herkend en erkend. Dat is overigens nadrukkelijker het geval sinds de krediet- en Eurozone crisis. Begrippen als 'nieuwe verdienmodellen', de 'gebruiker centraal', liveability, 'kantelen van de bouwkolom', ketensamenwerking, etc. horen daar ontegenzeggelijk bij. De komende jaren zullen we met elkaar irreversibel voor de noodzakelijke veranderingen gaan zorgen. Daarom is het van belang studenten en vooruitstrevende ondernemers, die overigens niet per se jong hoeven zijn, daarop voor te bereiden.

De betekenis van een boek over productontwikkeling in een dergelijke context is enorm. We moeten immers met elkaar de ommezwaai bewerkstelligen en nieuwe bedrijvigheid begint hoe je het ook bekijkt altijd met een ambitie, een idee een ontwerp. Daarbij is er ook een stimulans, want juist in een tijd van veranderingen is het gevaarlijk om af te wachten en wordt innovatief gedrag juist beloond. Het moet dus maar het kan ook. Alle reden om juist nu ondernemend te zijn en uit het peloton te ontsnappen. Daar is lef voor nodig, waarbij kennis en ervaring kunnen helpen het risico of risicogevoel te verlagen. Dat is bepaald niet vanzelfsprekend in een wereld die niet gewend is om te innoveren. Productontwikkeling biedt kansen, maar is tegelijkertijd ook te beschouwen als een pad vol valkuilen. Diegenen die erin slagen deze vakkundig te ontlopen en vastberaden en doelgericht te werk gaan, zullen succesvol zijn. In grensverleggende projecten dan wel met standaard- of systeemproducten voor een bredere markt. Ervaringskennis is daarbij van een onschatbare waarde.

Mick Eekhout is een van de weinigen die in het domein van de bouw, meer specifiek productontwikkeling en grensverleggende technologie, zowel in de wetenschap theorie heeft kunnen ontwikkelen alsook deze in een innovatieve bedrijfsomgeving uiterst succesvol heeft kunnen toepassen. Wetenschap en praktijk waren daarbij veel meer dan paralleltrajecten. Ze waren nauw met elkaar verbonden en hebben elkaar intens versterkt.

Dat levert natuurlijk een schat aan waardevolle inzichten op waarmee iedereen, in het bijzonder vooruitstrevende ondernemers en start-ups hun voordeel kunnen doen.

Dit boek is interessant als document, maar is naar mijn overtuiging ook een waardevolle hulp voor iedereen die aan de slag wil en wil leren van de ervaringen en inzichten die Mick bereid was voor ons te ordenen en met ons te delen.

Namens alle lezers wil ik hem daarvoor hartelijk danken.

Jos Lichtenberg

13 BIOGRAFIE

Prof.dr.ir. Mick Eekhout



Geboren 1950 in Den Haag. Na de middelbare school op het Sint Stanislascollege in Delft ging hij Bouwkunde studeren op de TU Delft tussen 1968 en 1973. Hij maakte de studentenrevolutie mee van mei 1969 waarna hij op zoek ging naar nieuwe helden. In november 1969 hielden prof. Frei Otto, prof. Zygmunt Makowski en dr. Renzo Piano elk een lezing in de Aula en hij startte met hen een correspondentie. In 1970 werkte hij vervolgens op het Institut für Leichte Flächentragwerke (IL) in Stuttgart en in de studio van Renzo Piano in Genua. De inspiratie die hij daar opdeed bleef hem een leven lang als sturing leiden. Hij studeerde in 1973 cum laude af bij prof. Jaap Oosterhoff (Octatube ruimtevakwerk) en bij prof. Carel Weeber (complex gebouw), werkte 2 jaar bij Groosman Architecten in Rotterdam en bij Tunnissen, Van Kranenedonk, Becka in den Haag, maar startte in 1975 zijn eigen architectenbureau. In 1978 startte hij Octatube Engineering bv om ruimtelijke constructies ook voor collega-architecten te construeren, maar dat werd pas een succes toen hij in 1983 zijn ontwerp bureau sloot en Octatube Space Structures als 'design & build' bedrijf startte. Onderwerpen werden gespannen membraanconstructies, kabelnetconstructies, tensegrity constructies, glasconstructies, glazen gevels en daken, constructief glas, glasvezelversterkte polyesterconstructies en kartonconstructies, als voornaamste productcategorieën. Hij werkte sindsdien in zijn bedrijf met veel architecten in Nederland en in het buitenland, onder andere met de bekende architecten Renzo Piano, Frei Otto, Norman Foster, Moshe Safdie, Shigeru Ban, Asymptote, Kevin Roche, Erick van Egeraat, Benthem & Crouwel, Jan Brouwer, Aat van Tilburg, Joop van Stigt, Jo Coenen, Cepezed, Philippe Samyn, Hans van Heeswijk, Abe Bonnema en Mart van Schijndel. Zijn werken vonden hun toepassing 30-80% per jaar in het buitenland, onder andere in Japan, HongKong, Singapore, Malaysië, Indië, Saoudi Arabië, Dubai, Abu Dhabi en Qatar, Israël, Italië, Spanje, Frankrijk, Duitsland, België, Engeland, Ierland en Noorwegen. Verder in de Verenigde Staten, Mexico en op de Zuidpool. Anno 2015 is de vaste bemanning van de Octatube groep 85 man groot, werkend vanuit het hoofdbureau in Delft. Sinds 2010 is zijn zoon Nils-Jan Eekhout mede-eigenaar en mededirecteur. Octatube groeide in de recessie sinds 2008 meer dan 100% in grootte en omzet dank zij het specialisme in high tech 'design & build' projecten en exportprojecten.

In 1986 richtte hij 'Delft Design' op en werd de eerste voorzitter. In 1988 volgde de oprichting van de stichting 'Boosting' (doel: bevordering van de industrialisatie in de bouw) waar hij de eerste secretaris werd. Beide stichtingen bestaan anno 2015 nog steeds.

In 2012 richtte hij met een aantal Feyenoord supporters de Stichting 'Reddekuip' op, (doel zich inspannen om De Kuip te behouden en te upgraden in de toekomst).

In 1989 volgde zijn promotie tot doctor in de wetenschappen (cum laude) onder de promotoren prof.ir. Jaap Oosterhoff en prof.ir. Moshe Zwarts met de dissertatie 'Architecture in Space Structures'. In 1991 werd hij op de faculteit Bouwkunde van de TU Delft benoemd als deeltijd hoogleraar op de nieuwe leerstoel Productontwikkeling. Focus van de leerstoel op methodologie van het ontwerpen en ontwikkelen en op high-technology. Onderzoeksonderwerpen: 'Zappi', het onbreekbare glas, 'Blobtechnologie' of vrijevormtechnologie, het Maison d'Artiste, kartonconstructies en Concept House Prototype en Urban Villa. In 1995 werd voor 3e en 4e jaarstudenten het Prototype Laboratorium ingericht, dat in een aantal uitvoeringen in 20 jaar tijd ongeveer 1500 studenten leerde hoe ze materiële prototype konden maken van hun eigen ontwerp met werkelijke materialen en op de rechte schaal.

Tussen 1995 - 1998 en 2003-2008 was hij tevens Onderzoeksnestor van de afdeling Bouwtechnologie. Tussen 1999 en 2003 was hij Afdelingsvoorzitter van Bouwtechnisch Ontwerpen. Tussen 1999 en 2003 maakte hij deel uit van de eerste Raad van Hoogleraren die de Rector Magnificus adviseert bij nieuwe te benoemen hoogleraren en andere zaken, gevraagd en ongevraagd. Tussen 2000 en 2007 was hij tevens voorzitter van de Research Advisory Board van de faculteit Industrieel Ontwerpen TU Delft. In 2003 werd hij benoemd tot gewoon lid voor het leven van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen (KNAW) als eerste architect sinds 1856. In datzelfde jaar volgde zijn benoeming als lid van de Academy of Technology & Innovation (AcTI), de Nederlandse 'Academy of Engineering'. In 2005 en in 2007 organiseerde hij op de TU Delft de congressen over 'Delft Science in Design' 1 en 2 over multidisciplinair wetenschappelijk ontwerpen. Tussen 2005 en 2011 was hij 'Special Professor for Structural Design' in Nottingham University. Tussen 2007 en 2010 was hij de formateur van het 3TU .Speerpunt Bouw, dat een masterplan voor nationaal universitair bouwonderzoek opleverde, alsmede een leerstoelenboek met de 80 bouwhoogleraren in Nederland (Delft, Eindhoven en Twente). Hij schreef 20 boeken over methodologie, stalen buisconstructies, projecten, glasconstructies en meer dan 400 publicaties, wetenschappelijk en professioneel. Hij ontving een aantal prestigieuze prijzen, waaronder de Nederlandse 'Kho Liang Ie' prijs voor industrieel ontwerp en de 'Pioneers Award' van de University of Surrey, voor zijn prestaties op het gebied van ruimtelijke constructies. In 2012 werd hij door H.M. Koningin Beatrix zeer eervol benoemd als Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw.

In juni 2015 ging hij als hoogleraar Productontwikkeling met emeritaat, na zijn inzichten en ervaringen in 12 boeken te hebben geschreven en geredigeerd. Hij is en blijft algemeen directeur van de Octatube groep. Hij blijft verder actief op het gebied van de bouw en de architectuur als visionair en commentator.

a.c.j.m.eekhout@tudelft.nl
m.eekhout@octatube.nl
www.mickeekhout.nl

Publicaties:

Als auteur:

Architecture in Space Structures 1989, E, ISBN 90-6450-080-0
Product Development in Glass Structures 1991, E, ISBN 90 6450-111-4
Aluminium in Space Structures, E, ISBN 90-71642-13-5
NAi and Product Architecture, E, ISBN 90-5269-137-1
Architecture between Tradition and Technology, 1992, NL/E, ISBN 90-5269-113-4
Tubular Structures in Architecture, 1996, E,F,D,SP, NL, ISBN 90-75095-29-5
Stressed Glass, Zappi or Product Development for NAI, 1995, E, NAI
Publishers, ISBN 90-72469-78-x
POPO, Proces Organisatie voor Product Ontwikkeling 1997, NL, ISBN 90-407-1631-5
Analysis, Design and Construction of Steel Space Frames, E, ISBN 0-7277-3014-2
Reflections on Building Technology 2004, E, ISBN 90-5269-265-3
Methodology for Product Development in Architecture 2008, E, DUP,
ISBN 978-1-58603-965-3
Tubular Structures in Architecture 2011, E, Cidect, ISBN 978-94-90675-01-1
Concept House DELFT Prototype, 2012, NL, TU Delft, www.concepthouse.tudelft.nl
Componentontwerpen en productontwikkelen 2015, NL, IOS Press,
ISBN 978-90-5199-538-1
Lectures on Innovation in Building Technology 2015, E, IOS Press,
ISBN 978-1-61499-555-5
Delft Glass Design Innovations, 2015 E, ISBN 978-94-90674-04-5
Cobouw Columns van Mick Eekhout, 2015, NL, ISBN 978-94-90674-05-02
Lord of the Wings, 2015, E, IOS Press, ISBN 978-1-61499-549-4
Prototyping Maison d' Artiste, 2015 E, ISBN 978-94-90674-06-9
The Concept House Delft Prototype, 2015 E, IOS Press, ISBN 978-1-61499-551-7
The Delft Prototype Laboratory, 2015, E, IOS Press, ISBN 978-1-61499-545-6

Als redacteur:

Bridges @ Leidschenveen NL, TU Delft, ISBN 90-5269-264-5
Delft Science in Design, 2005, TU Delft, ISBN 90-5269-327-7
Delft Science in Design 2, 2008, TU Delft, IOS Press, ISBN 978-1-58603-739-0
Glimpses of the Future, Boosting kijkt naar de toekomst, 2013, NL, Boosting,
ISBN 978-94622-83527
Free Form Technology from Delft, E, 2015 E, IOS Press, ISBN 978-1-61499-553-1
Gieten en kneden, 2015, NL, IOS Press, ISBN 978-90-5199-540-4
The House as a Product, 2015, IOS Press, ISBN 978-1-61499-547-0
Glimpses of the Future, E, 2015, ISBN 978-9-462-2835-7

