

Dynamische gevels en



Kunststoffen inspireren architecten tot bijzondere oplossingen. Een mooi en tamelijk recent voorbeeld zijn de Spaceboxen, studentenwoningen die eerst in Delft maar nu inmiddels op verschillende plaatsen in Nederland zijn gerealiseerd. Op gebied van ETFE zijn ook fascinerende kunststof exercities ondernomen door architecten onder wie Herzog & deMeuron - (Allianz Arena in München, Olympisch Zwembadstadion in Beijing) - en Zehner & Zehner (verkeerstoren in Wenen).

Olympisch Zwembadstadion in Beijing. De Water Cube in aanbouw. Toepassing van ETFE folie elementen.

Bij kunststoffen gaat het meestal om composieten met verbeterde materiaaleigenschappen, zoals hogere bestendigheid tegen water, UV-straling en brand. Tegenwoordig zijn er ook slimme composieten op de markt, die door temperatuurverandering, magnetische velden of andere externe invloeden in vorm of eigenschap kunnen veranderen. Charlotte Lelieveld toonde op het congres MaterialZ, 14 september, TU Delft, het Shape Memory Polymer (SMP), een materiaal dat onder spanning van vorm verandert, maar wel steeds terugkeert naar de oorspronkelijke vorm. Naast beweeglijkheid in de vorm is dynamisering ook goed mogelijk door het aanzicht te laten veranderen, zoals Herzog & deMeuron en Zehner & Zehner laten zien in bovengenoemd projecten.

Composieten. Kunststoffen zijn tegenwoordig veelal composieten, ze zijn samengesteld uit twee of meer materialen die iets aan elkaar toevoegen. Veel gebruikte vezels in kunststoffen zijn glas, aramide (Twaron), polyethene (Dyneema), koolstof, nitride en boron. Veel gebruikte harsen zijn de thermoharders polyester, vinylester, epoxy, fenol, bismaleimide en polyamide en zeer veel thermoplasten. Kenmerkend zijn een laag eigen gewicht, geringe onderhoudskosten en de aanpasbaarheid van de eigenschappen door de samenstelling van het composiet te veranderen (1) (2).

NPSP Composieten. Een recente interessante toepassing van composieten in de bouw zijn de gevelpanelen die NPSP Composieten heeft gemaakt voor de renovatie van Notariskantoor Broekema Nilesen in Groningen. Een bestaande bibliotheek is door architect Yushi Uehara omgetoverd tot een kantoor. Samen met NPSP Composieten uit Haarlem ontwikkelde de Japanse architect gevelpanelen van 2,5 meter breed bij 1,5 meter hoog. Deze zijn op twee meter boven de grond bevestigd aan stalen kolommen. De panelen zijn opgebouwd uit twee lagen polyester weefsel waarop een aluminiumfolie (een vezeldoek) is opgedampt. Daartussen ligt de glasvezelversterking, plaatselijk versterkt met ribben. De aluminium vezels, verzonken in het paneel, worden vacuüm gezogen in een gesloten dubbele mal, waarna een heldere, brandbestendige hars

wordt geïnjecteerd. De geveldelen zijn translucient; wat zonlicht wordt doorgelaten waardoor de schaduw van bomen in het gebouw zichtbaar is. De toegepaste panelen zijn dubbel gekromd, brandwerend (klasse B1), UV-bestendig en onderhoudsvriendelijk doordat ze zijn afgewerkt met een beschermende coating. Voordelen van deze composiet gevelpanelen zijn de vorm- en maatvastheid, het fraaie oppervlak aan beide zijden. Schroefhuizen kunnen worden geïntegreerd.

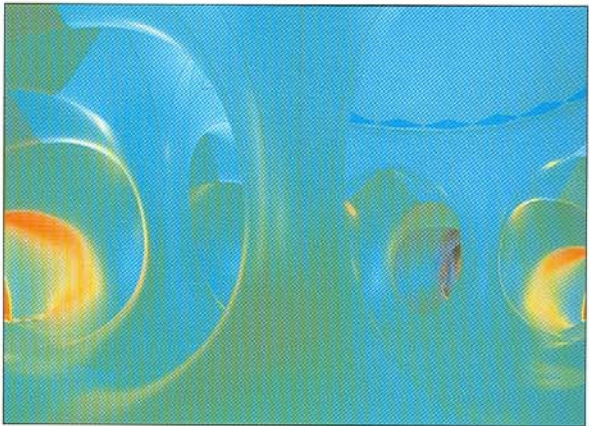
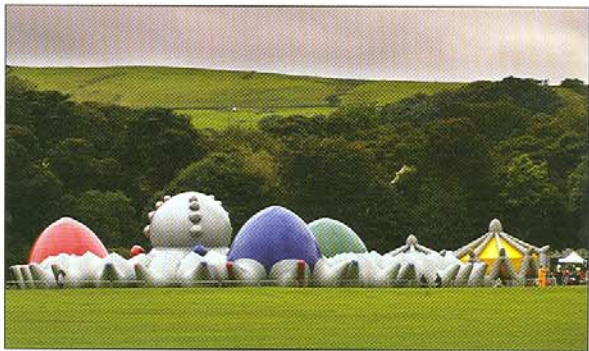
MetalKern. MetalKern is een symmetrisch opgebouwde plaat die bestaat uit twee decoratieve metaallagen op een massieve kunststof kern. De metaallagen en de kern worden in één productieproces onder hoge druk en temperatuur tot een homogene plaat geperst. De kern van de plaat is opgebouwd uit cellulosebanen die met thermohardende kunstharsen zijn geïmpregneerd. Door deze tweezijdig symmetrische opbouw ontstaat er een spanningsvrije, eenvoudig te bewerken, zelfdragende metalen plaat. MetalKern is een alternatief voor de conventionele metalen gevelbekledingen. Bewerking vereist geen nieuwe machines. Door de eenvoudige achterconstructie en de makkelijke bewerking komt de prijs per vierkante meter op een niveau waarbij de platen ook interessant worden voor woningbouwprojecten.

Er ontstaat een totaal andere uitstraling dan de traditionele metalen gevelbekleding uitgevoerd met gefelste banen. MetalKern kan rechtstreeks op een houten of aluminium regelwerk bevestigd worden. Deze bevestiging kan met de bijbehorende torxschroeven gerealiseerd worden, maar ook een blinde bevestiging door middel van een lijmsysteem is mogelijk. MetalKern is verkrijgbaar met koper, zink, roestvast staal en aluminium.

Projectie op kunststof folie. Naast de oneindige hoeveelheid kunststof plaatmaterialen zijn 'plastic' composieten al jarenlang als zonwering of folie in gebruik. Folie om inbrekers te weren, maar ook als dichroïde folie om licht te reflecteren. De dichroïde folie heeft een metaalachtige laag, waardoor gedurende de dag een continue kleurverandering optreedt. UN Studio heeft deze folie toegepast bij de renovatie van de gevel van het modewarenhuis Galleria West in Seoul.

Het gebouw staat in een luxe winkelgebied en heeft een 'fashion dress' gekregen van 4.330 matte glazen schijven. 's Avonds, als het donker is geworden, projecteert speciale software de veranderingen in het weer van de afgelopen dag via een geavanceerd lichtstelsel op de achterzijde van de matte glazen schijven. Het lichtconcept van UN Studio is door Rogier van der Heide van Arup Lighting omgezet in een werkende toepassing, die het warenhuis een heel ander uiterlijk heeft gegeven.

kunststoffen



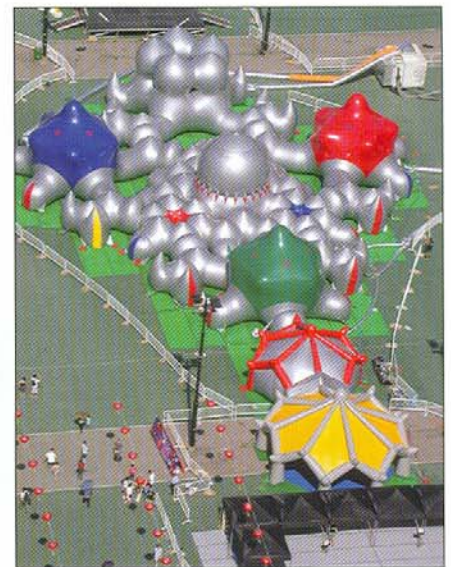
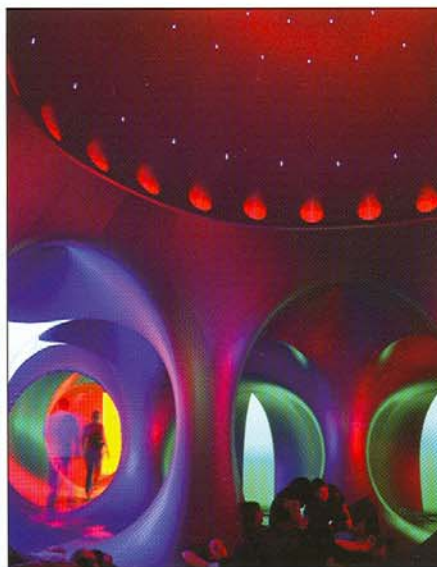
Membranen en textielen. De geschiedenis van gebouwen met kunststof textiel begint na de realisatie van het Olympisch Stadion in München waar, vanwege het gebrek aan transparante, duurzame folies en textiel, door Frei Otto perspex panelen zijn gebruikt. Hoewel sindsdien textiel, folies en membranen op verschillende manieren als horizontale afdekkingen zijn gebruikt wordt het Burj al Arab Hotel in Dubai gezien als het eerste overtuigende project met kunststof geveltextiel. De 180 meter hoge membraan façade is verdeeld in twaalf elementen, en gemaakt van een voorgespannen, dubbelgelaagd ETFE gecoat glasfiber geveltextiel.

Constructies met geveltextiel zijn over het algemeen licht van gewicht, maar als er hoge trekkrachten nodig zijn gaat dat niet altijd op. Hoge trekkrachten in het doek betekenen meer materiaaldikte en dus meer gewicht. Geveltextiel kan aan elkaar bevestigd worden door naaien, lassen of lijmen, maar lassen is het meest gebruikelijk. Constructies met gespannen textiel hebben een sterke relatie vorm - kracht - materiaal. Het logisch overbrengen van trekkrachten via details, vaak in het zicht, is het gevolg. Op dit moment zijn de mogelijkheden van de staal- of aluminium constructie de beperkende factor, niet het geveltextiel.

Door folies toe te passen met een microperforatie is een goede akoestiek te bereiken. Echter door het lage eigen gewicht is de geluiddemping van geveltextiel zeer beperkt. Constructies met geveltextiel isoleren nauwelijks, tenzij een meerlaags systeem wordt toegepast met een isolatiemateriaal tussen de lagen. Net als in de mode is het mogelijk kunststof geveltextiel uit verschillende vezels samen te stellen om zo de eigenschappen te beïnvloeden. Ook kan het meerlaags toegepast worden of kunnen de ruimten tussen de folies of membranen gevuld worden met schuim, water of gassen, waardoor de eigenschappen van de gevel zijn te veranderen. Daarbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan het op commando veranderen van de isolatiewaarde, de lichtdoorlatendheid of de kleur.

De UV-bestendigheid van de huidige textielen is goed evenals de levensduur. Geveltextiel is in het algemeen goed te bedrukken, of te voorzien van patronen. Snijpatronen kunnen soortgelijke effecten bereiken. Ook zonnecellen, die nu in folies op de markt komen, kunnen eenvoudig geïntegreerd worden in de gevel. Door de verschillende composieten en coatings zijn vele kleuren mogelijk, maar door het aanlichten van binnen of van buiten kunnen ook mooie kleureffecten bereikt worden.

Luminaria. Luminaria zijn opgeblazen objecten, ontworpen door Alan Parkinson, waarmee Architects of Air over de hele wereld reist. Bezoekers worden gevangen in een wereld van licht en kleur, die ontstaat door de verschillende kleuren van de gebruikte folies waaruit deze 'blow ups' bestaan.



Linksonder: Luminarium Arcazaar.

Midden: centrale koepel Levity II. Foto: Richard Osborn.

Rechts: bovenaanzicht Luminarium Levity II.

Links: de groene koepel in Ixilum. Foto: Robert Mehl.

Inspiratie voor Alan Parkinson zijn geometrische en natuurlijke vormen uit de natuur. Maar ook de Gotiek en Islamitische architectuur, Gaudi en Frei Otto zijn inspiratiebronnen. Pneumatische vormen volgen de wetten van de natuur. In het algemeen worden de vormen samengesteld uit conussen, koepels en cilinders, en de oneindige combinaties daartussen (3). Het eerste Luminarium was Eggopolis in 1990, een compositie van verschillende met elkaar verbonden koepels. De centrale koepel kreeg een motief ontleend aan Islamitische kunst, de spiraal van het leven. In deze structuur, en de daarop volgende, werd er door Parkinson voortdurend gespeeld met de kleuren en lichtdoorlatendheid van de binnen- en buitenhuiden van de koepels. Zo had de koepel van het tweede Luminarium een binnenhuid van opaak PVC terwijl het licht gefilterd werd door de gekleurde buitenhuid. De koepels worden omringd met kleine koepels met daartussen een colonnade. Spannend is dat deze colonnade een op trek belaste structuur is terwijl bij oude traditionele bouwwerken de kolommen de verticale krachten juist afvoeren naar de ondergrond. De vele omhoog gerichte elementen en ronde opgeblazen vormen geven Luminaria een zekere mate van lichtheid. De lijnaden accentueren de vorm, zijn zorgvuldig bedacht en onderdeel van de detaillering. Door de lijnen ontstaan verschillende geometrische patronen die de Islamitische invloeden verraden en de sculpturen een extra laag, die geometrisch is, verschaffen. De 'plastic' folie die wordt gebruikt voor de Luminaria is PVC zonder versterkende weefsels. Het is flexibel en sterk en eenvoudig te verwerken of te repareren. PVC verouderd door UV-straling, chemicaliën in de lucht en door temperatuurverschillen. In het algemeen worden de Luminaria na 250 gebruiksdagen in stukken gesneden om te worden hergebruikt. De belangrijkste reden dat Architects of Air PVC gebruikt zijn echter de lumineuze kleuren. Zij gebruiken vijf kleuren: zilver, blauw, rood, groen en geel. Met deze basiskleuren zijn fantastische kleurschakeringen te maken. Het heeft wel enige jaren geduurd voordat de juiste PVC gevonden was. Verschillende PVC's bleken niet goed te verlijmen, bij koude te bezwijken, te branden of niet kleurvast te zijn. De Luminaria worden allen gelijmd met Bostik 3206 en zijn te vervoeren in standaard Europallets van 1 bij 1,2 meter. Verschillende elementen worden aan elkaar geritst met ritsluitingen.

Gevel bekleed met Metalkern.





Een recente interessante toepassing van composieten in de bouw zijn de gevelpanelen die NPSP Composieten heeft gemaakt voor de renovatie van Notariskantoor Broekema Nilesen in Groningen. Een bestaande bibliotheek is door architect Yushi Uehara omgetoverd tot een kantoor.
Foto's: Riesjard Schropp



organisch en willekeurig lijkt. Bovendien is de geometrie geschikt om aardbevingen te weerstaan die rond Beijing voorkomen. Het zwembad krijgt façades en een dak van bij elkaar bijna 100.000 vierkante meter lichtblauwe ETFE-folie. De folie wordt door Foiltec geleverd en gemonteerd. Zwembaden zijn energieverblindende. Bij dit ontwerp wordt daarom negentig procent van de zonnearmte opgevangen in de structurele ruimte van de ETFE-elementen. Vervolgens wordt twintig procent gebruikt om het interieur en het water van de zwembaden te verwarmen. De verwachte energiebesparing bedraagt 30 procent.

De staalconstructie is opgebouwd uit 22.000 elementen die elkaar ontmoeten in 12.000 onregelmatige knopen. De gevels zijn 3,6 meter diep en het dak 7,2 meter hoog. De structuur wordt gemaakt van ongeveer 6.500 ton staal. De afmetingen van het gebouw zijn: 177 bij 177 bij 31 meter. Tijdens de optimalisering van de constructie zijn de 22.000 staven onder 190 verschillende belastinggevallen getest.

Nadeel van ETFE is dat het brandt, voordeel: bij brand 'krimpt het niet weg'. Daardoor kan rook het gebouw uit. Het gebouw is uitgerust met sprinklers. Omdat de ETFE-folie vanaf het maaiveld makkelijk is te beschadigen wordt een gracht om het gebouw gemaakt en de ETFE-folie begint hoog aan de gevel. In het stadion worden zeventien verschillende foliesoorten gebruikt, variërend in kleur, bedrukking, transparantie en dikte. Alle folie-elementen zijn vierlaags. Dat aantal is bepaald door de bouwfysische eigenschappen zoals de vereiste isolatiewaarde. De dikte van de folie is afhankelijk van de belasting. Op de hoeken zijn bijzondere oplossingen nodig, hier lopen de belastingen op tot 200 kilo per vierkante meter. In het midden van het dak gaat het om belastingen van 30 tot 40 kilo per vierkante meter. De ETFE-foelies worden gevat in aluminium frames. Het geringe gewicht van de frames, de folie en de stalen draagconstructie heeft als voordeel dat grote overspanningen mogelijk zijn. Daarbij beïnvloedt de windbelasting de mogelijke overspanningen met de ETFE-elementen (4).

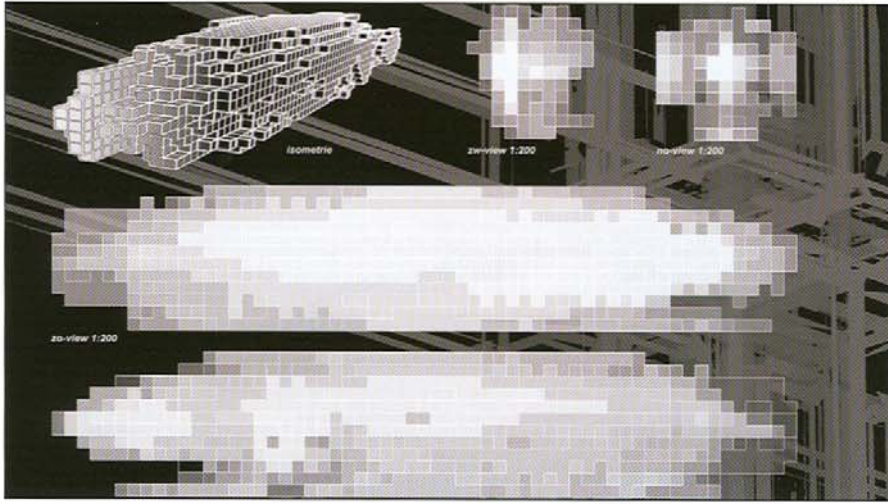
Texton. Texton van Foiltec zijn pneumatisch stabiele folie-elementen in een aluminium constructie. Zij bestaan uit twee tot vijf lagen ETFE-folie, en kunnen dus uit vele verschillende foliecombinaties bestaan. De folies zijn goed bestand tegen veroudering door UV-straling en zijn aan het einde van de levensduur terug te leveren aan de fabrikant om hergebruikt te worden. In principe zijn de elementen zelfreinigend, vuil spoelt eraf door regen. Het komt voor dat de binnenzijde om de vijf jaar wordt gereinigd. Door meerdere lagen folie ontstaan meerdere luchtkamers, en is de isolatiewaarde te beïnvloeden. Interessanter is dat door op die lagen verschillende prints aan te brengen de zoninstraling te regelen is. Het is namelijk mogelijk licht uit, of in, de verschillende luchtkamers te laten stromen, waardoor de prints meer of minder over elkaar vallen. Daardoor is de warmtelast van een gebouw te beperken, of is het gebouw(deel) te verduisteren. Beweging in de gevel en kleurveranderingen zijn mogelijk.

Vergeleken met glazen gevels laat een gevel met folie meer UV-straling door, maar glas is transparanter. Met folies zijn grotere overspanningen te bereiken dan met glas in bijna alle vormen en constructietypen. De levensduur van glazen gevels of gevels met folie hangt af van de details (5).

Dynamische ontwerpen en details. De bouwindustrie in Nederland realiseert zich dat als gebouwen competitief willen zijn aanpasbaarheid een belangrijk thema zou moeten zijn. Reductie van kosten en aanpasbaarheid aan verschillende typen programma in de levenscyclus van een gebouw hebben slimme oplossingen nodig. Een van de manieren voor gebouwen om aanpasbaar te worden ten opzichte van zijn gebruikers en de omgeving is door (deels) van vorm te veranderen. Maar de realisatie daarvan hangt af van de bouwtechniek, veelal van de details. Vanuit onze denkwereld, en bijvoorbeeld de mechanica, ontwerpen wij gebouwen die stijf en stabiel zijn en stil staan. Beweging wordt gezien als een vorm van zwakte die gevaarlijk kan zijn. Beweging maakt architectuur echter beter geschikt voor de gebruikers en veranderingen in klimaat, programma, enzovoorts. Als een gebouw zijn postuur zou kunnen veranderen, zijn spieren zou kunnen aanspannen om zich tegen de wind te verzetten, zou de massa van de constructie met tientallen procenten verlaagd kunnen worden. Dynamisering van de gevels van gebouwen is één van de oplossingen om de wensen van de gebruikers te realiseren. Daarbij kan gedacht worden aan vouwbare gevels, opblaasbare gevels, bewegende geveldelen, enzovoorts. Details moeten dat mogelijk maken en zijn derhalve letterlijk 'on the move'. Standaard details, zoals in Nederland gebruikt, zijn niet geschikt als basis voor veranderbare of bewegende gevels van gebouwen. De meeste bouwmethoden en hun details zijn gebaseerd op stapelen in plaats van monteren. Knopen in gebouwen zijn juist ontworpen om niet te bewegen. Om dat te veranderen kunnen ontwerpers leren van andere technische wetenschappen en de natuur. Niet door te kopiëren, maar door te analyseren en te interpreteren waarom en hoe onderdelen bewegen, veranderen of zich aanpassen aan veranderende omstandigheden. Ook de onuitputtelijke hoeveelheid nieuwe materialen, waaronder verschillende composieten, hebben een positieve invloed op de verandering van de detaillering van gebouwen. Op dezelfde manier waarop de lift en ontwikkelingen in de staalindustrie hoogbouw mogelijk hebben gemaakt maken nieuwe materialen en technieken nieuwe details mogelijk. En details op hun beurt weer de dynamisering.

Kinetische architectuur. Bij de Kinetic Design Group van MIT doet men onderzoek naar de inpassing van computers in kinetische architectuur. Kinetische architectuur is te omschrijven als een gebouw of gebouwcomponenten met variabele mobiliteit, locatie of geometrie. Zij onderscheiden drie kinetische typologieën, een aanpasbare structuur van het gebouw in zichzelf, aanpasbaarheden aan de omtrek van een gebouw of het hele object kan zich verplaatsen en veranderen. Voorbeeld is de Interactive Kinetic Façade, ontwikkeld samen met Roart Associates. Deze wand neemt bewegingen van mensen op straat waar en de uitstekende sprietjes volgen die bewegingen, en veroorzaken zo rimpelingen in het veld met sprietjes (6).

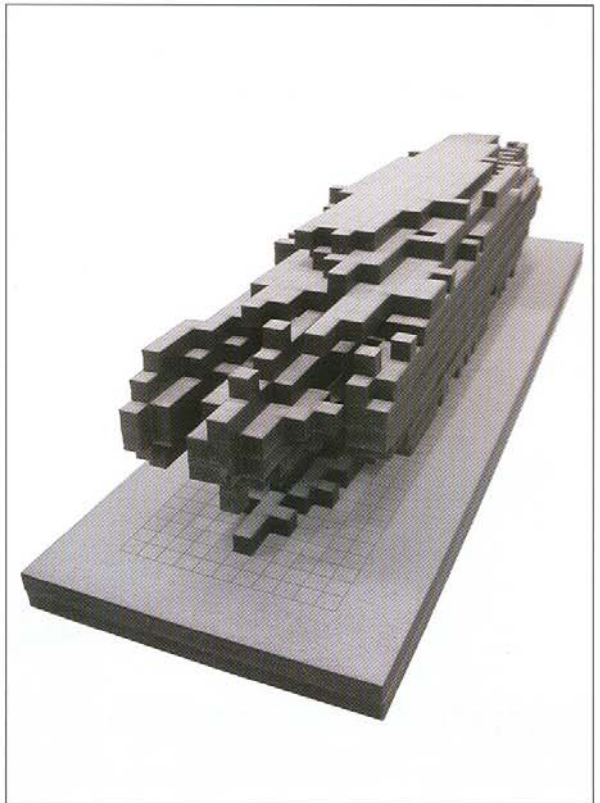
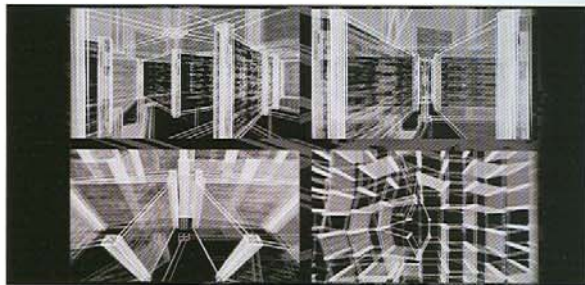
Een intelligent en interactief membraan. Super Cilia Skin is een onderzoeksproject van de Tangible Media Group van het MIT Media Lab. Zij proberen connecties te maken tussen de virtuele computerwereld en de wereld om ons heen. Super Cilia Skin (SCS) is een interactief membraan gekoppeld aan een computerinterface die kinetische of tactiele input kan vertalen in visuele of tactiele output, en is ontworpen door Hayes Raffle, James Tichenor, and Mitchell Joachim. SCS staat twee mensen toe om over een



Boven: gevels van de 'gepixelde blob' Ae-Static, blokafmeting 3 x 3 x 3 meter.

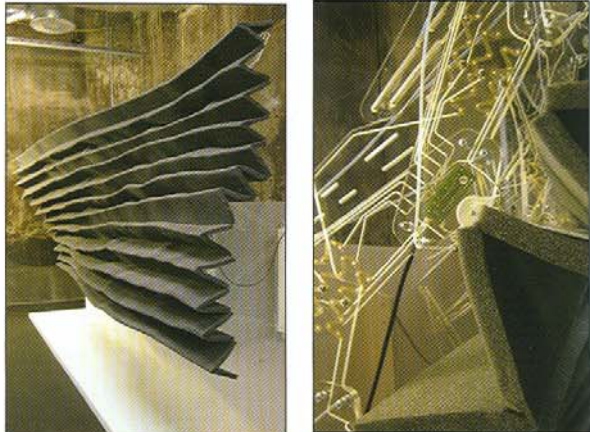
Links: verschillende beelden uit de film die de beweging van Ae-Static laat zien.

Rechts: maquette van Ae-Static, 'in ruste'.



lange afstand te communiceren via 'trilhaartjes'. Deze laatste, de cilia, kunnen informatie representeren door de oriëntatie te veranderen. De eerste prototypen bestonden uit katoenen uitsteeksels in een vinyl membraan. Door kleine magneten aan de uitsteeksels te bevestigen konden die middels magnetisme bewogen worden. De kleine testmodellen zijn te vertalen naar de gevels van gebouwen. Gevels met membranen met texturen kunnen een meer emotionele communicatie bevorderen. Zoals gras door de wind bewogen wordt, zo kan een gevel ook in beweging komen. Een andere mogelijkheid is dat de façade van een gebouw door windenergie in beweging wordt gebracht en die energie afgeeft. De traditionele gevel, de gevel als barrière, verandert daardoor in een interactief membraan dat meer en meer gaat functioneren als de huid van een mens en dat energie kan winnen uit zijn omgeving (7).

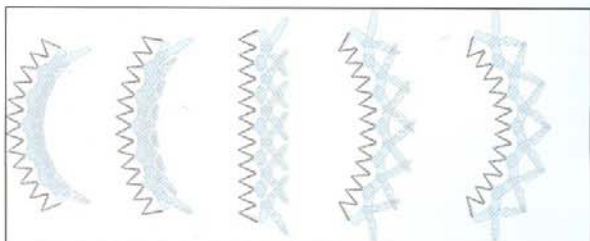
Het Spline Craft project van Krets. Krets doet onderzoek naar de invloed van de hedendaagse elektronische culturen op architectuur. Het Spline Craft project van Krets behelst een intelligente en actieve geluiddempende wand die continue geconfigureerd kan worden. De hoofdstructuur kan in vijf verschillende vormen opgesteld worden. De afzonderlijke panelen zullen continue in vorm veranderen door commando's vanuit het controlesysteem. De panelen bestaan uit geprofileerde polyurethaan panelen en de support-



Links: aanzicht model Spline Craft met polyurethaan panelen.

Rechts: detail van het bewegingsmechanisme van het model van Spline Craft.

Onder: Serie van vijf verschillende standen van Spline Craft.



structuur is uit acryl panelen gemaakt waarin de actuators zijn geïntegreerd. Per vijf units worden de panelen aangestuurd door een micro controller. Het gedrag van de wand of gevelement wordt door de computer aangestuurd die voorzien kan worden van verschillende sensoren in de gevel. Spline Craft is ontworpen door Pablo Miranda and Jonas Runberger (8).

Ae-Static. Thijs Mulder heeft aan de TU Eindhoven een interactief dynamisch afstudeerproject ontworpen, Ae-Static. Prof. Ir. Jan Westra, Ir. Maarten Willems en Ir. Gerald Lindner begeleiden het onderzoek. Bij Ae-Static beweegt het gehele gebouw door pneumatiek; het gebouw heeft geen vaste vorm. Gebruikers geven het gebouw vorm. We leven in een multipolaire samenleving waarin het lineaire, rationalistische denken niet meer voldoet, stelt Mulder. De wereld van constanten wordt een wereld van variabelen. Mulder neemt veranderingen in de tijd bewust mee in het ontwerp. Hij ziet een gebouw voor zich die zich constant ontwikkelt en up-to-date blijft. Een architectuur die verandert van functie en vorm en in contact staat met de gebruiker. Hedendaagse architectuur vindt hij te statisch, te veel een autoritair bepaalde ruimtelijkheid en slechts een weergave van heersende opvattingen. Consumenten zijn echter niet statisch maar dynamisch en trendgevoeliger dan ooit. Terwijl in de samenleving individuele uitingen steeds belangrijker worden, maken architecten statische en generalistische gebouwen. Mulder wil architectuur technischer maken en techniek architectonischer (9). Het gebouw is interactief, en laat op die manier het onverwachte, het oncontroleerbare toe, het gebouw gaat een dialoog aan met de gebruikers. Zonder gebruikers bestaat het gebouw eigenlijk niet, mensen zijn de initiator van vrijwel alle acties.

Ae-Static, het gebouwconcept van Mulder, bestaat uit een framework van pneumatische staven die allen kunnen verkorten of verlengen. Doordat ze onderling verbonden zijn, zal iedere vormverandering van een staaf resulteren in een beweging van het gebouw in zowel de x-, de y- als de z-richting. De mate van activiteit in het gebouw bepaalt de mate van activiteit van het gebouw. De gevel toont dit aan de buitenwereld in real-time. Zodoende ontstaat er een driedimensionale sculptuur van solids en voids. De gevel en de vides geven uiting aan de activiteit in het gebouw door te zwellen en te krimpen. Het eindresultaat is een utopisch ontwerp voor een dynamisch interactief gebouw dat de fantasie prikkelt. Of zoals Mulder zegt: "Logica brengt je van A naar B. Verbeelding brengt je overal".

Noten

1. Kunststof en Rubber, nr. 4, april 2005, Composieten in de bouw, steeds grotere projecten, auteur kg.
2. www.kunststofcomposit.nl
3. www.architects-of-air.com
4. Dakenraad nummer 69, december 2005, surrealistische zeepbellen van EFTE, Hans Fuchs, Dakenraad bladzijde 17-19.
5. www.folltec.de
6. Beyond Kinetic, Micheal A. Fox, Kinetic Design Group, abstract, 2001/03/04, kdg.mit.edu/Projects/pap05.html.
7. Super Cilia Skin, een interactive membrane, Hayes Raffie, MIT Media lab, april 5-10, 2003, abstract.
8. www.krets.org
9. www.thijsmulder.nl

Jeroen van Nieuwenhuizen is architect/directeur bij Move You en publicist.