BETON DRAAGT DE TOEKOMST

Toepassingen van cementgebonden materialen in het Huis van de Toekomst

In Vilvoorde staat een huis waarin beton de toekomst draagt. Het huis heeft een uitbreidbare draagstructuur en herbergt aanpasbare, « evolutieve »[1] ruimten. Hierin wordt geëxperimenteerd met toekomstgerichte producten en technieken in de sfeer van « bouwen » en « wonen ». Op die manier creëert beton samen met 140 firma's een voorafspiegeling van een mogelijke toekomstige leefwereld.

Het resultaat is alleszins controversieel. Verschillende personen zien het Huis van de Toekomst als een boeiende symbiose van nieuwe producten en technieken in een snel evoluerende wereld. Sommigen omschrijven het als een voorbeeld van een « nieuwe woonmachine » of van een « soepele interface tussen de wonende, de ontspannende en de werkende mens en zijn natuurlijke omgeving »[2]. Voor anderen is het huis niet meer dan een « oogverblindend schouwspel »[3].

In dit bulletin wordt dieper ingegaan op de belangrijke bijdrage van cement en cementgebonden materialen in het Huis van de Toekomst. Dat cement en beton materialen van de toekomst zijn, wordt vooraf verduidelijkt.

DOSSIER CEMENT

10 december 1996

Living Tomorrow wonen

cement/beton

82 f2

BB/SfB

Cement en beton, materialen van de toekomst

Cement

De cementindustrie bereidt zich voor op de toekomst vanuit de betrachting om met de meest moderne productietechnieken kwalitatief hoogstaande producten te maken. Hierbij streeft zij naar een minimaal energieverbruik en een maximale bescherming van het leefmilieu. Belangrijke ontwikkelingen zijn o.a. de volgende.

- Op het vlak van de natuurlijke minerale grondstoffen is er een duidelijke tendens om een steeds grotere fractie te vervangen door rest- of bijproducten uit andere industrieën. Dit laat toe om zuiniger om te springen met de beschikbare kalksteenvoorraden en met de brandstof nodig om de grondstoffen te verhitten en om te vormen tot klinker. Tegelijkertijd worden secundaire grondstoffen gevaloriseerd.
- Leisteen, restcokes, versnipperde autobanden, enz. vervangen in toenemende mate primaire brandstoffen, zoals steenkool en aardgas. Deze evolutie gaat gepaard met een stelselmatige vermindering van de energiebehoefte door vernieuwingen in het klinkerbrand- en maalproces en met een reductie van lozingen en emissies in de atmosfeer.
- De intense kwaliteitszorg voor de verschillende eindproducten is een vast gegeven en leidt tot producten van constante kwaliteit. Door de toenemende verscheidenheid in 'grondstoffen' zijn er nu meer cementsoorten op de markt. De cementkeuze kan hierdoor beter afgestemd worden op de toepassing.
- De regelgeving en certificering evolueren. Eisen en controleprocedures worden meer en meer geharmoniseerd op het Europese vlak. Zo vormt de Belgische cementnorm NBN B 12-001 een aanpassing aan de Europese voornorm ENV 197. Voor de controles in het kader van de certificatie zijn er met de bevoegde autoriteiten van de buurlanden wederzijdse erkenningsakkoorden afgesloten. Het certificatiesysteem dat borg staat voor onpartijdigheid, wordt stelselmatig geperfectioneerd. Het afgeleverde BENOR-merk voor cement waarborgt de overeenstemming van de cementkwaliteit met de eisen van de norm.

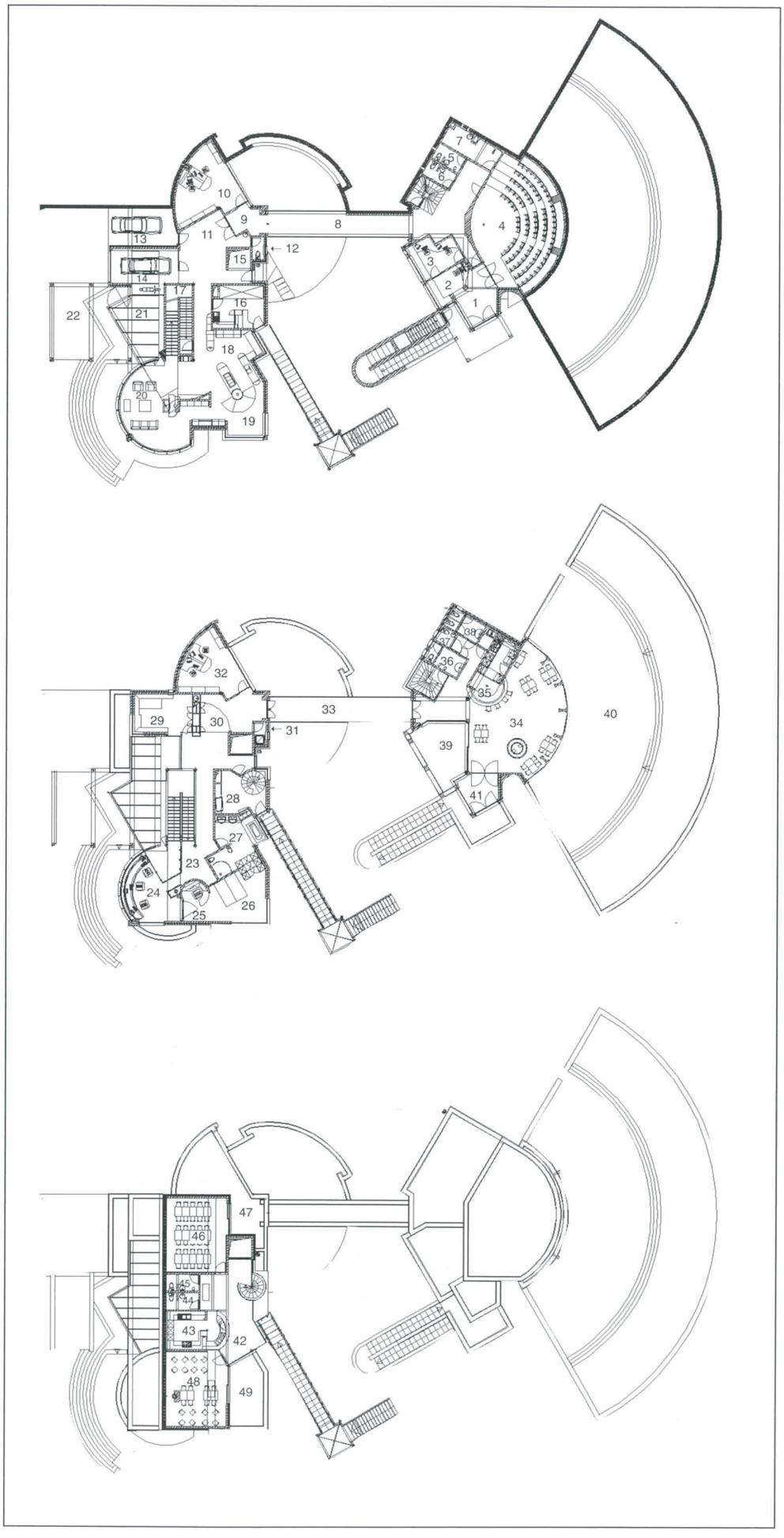
Beton

Enkele belangrijke ontwikkelingen van beton met betrekking tot de toekomst zijn de volgende.

- Door de beschikbaarheid van steeds performantere hulpstoffen (voornamelijk superplastificeerders) en het toevoegen van ultrafijne bestanddelen worden de mechanische eigenschappen stelselmatig verbeterd. Deze hulpstoffen laten toe een verwerkbare betonspecie te maken met een uiterst laag watergehalte. Een lage water-cementfactor impliceert een hoge compactheid en druksterkte. Die nemen nog toe door de uiterst kleine poriën op te vullen met toevoegsels, zoals fillers en microsilica. Onderzoeksresultaten vermelden druksterktes van meer dan 800 N/mm^2 [4,5].
- Het inzicht in de verschillende schademechanismen van beton en in de mogelijkheden om de duurzaamheid (levensduur) te verhogen neemt voortdurend toe. Bij de meeste mechanismen speelt de weerstand tegen indringing en inwendig transport van vloeistoffen en gassen een cruciale rol. Onderzoekers slagen erin om die weerstand voortdurend op te voeren.
- Door de ontwikkeling van numerieke methoden wordt het mogelijk om de eigenschappen van beton precieser te modelleren. Hierdoor kunnen belangrijke aspecten van allerhande samenstellingen, zoals druksterkte, elasticiteitsmodulus, kruip, vochttransport, risico op scheurvorming, tijdsafhankelijke vervorming, chloride-indringing, enz. nauwkeuriger voorspeld worden.
- Het is te verwachten dat in de toekomst de resultaten van de levenscyclusanalyse (LCA) ontwerpbeslissingen zullen beïnvloeden. LCA betekent o.a. de analyse van de milieubelasting in elke fase van de levensduur van het materiaal. Objectieve, praktische methoden krijgen stilaan gestalte. Toegepast op beton zijn de eerste resultaten positief [6,7].
- De overheid dringt erop aan om meer en meer bouw- en sloopafval te gebruiken als granulaat in beton. Onderzoek is volop bezig om de voor beton geschikte puinfractie te identificeren en om de invloed op de kwaliteit en de eigenschappen van beton na te gaan[8].
- Er mogen geen milieubelastende stoffen uitlogen uit bouwmaterialen in contact met de bodem en oppervlaktewateren. Het uitlooggedrag van materialen, waaronder beton, vormt daarom een belangrijk nieuw onderzoeksonderwerp. Vooral de invloed van het gebruik van bouw- en sloopafval als granulaten en die van rest- en bijproducten bij de klinkerproductie wordt in detail bestudeerd. De eerste resultaten zijn erg positief [9].
- Ontwikkelingen op het vlak van de bekistingssystemen en het vervaardigen, vervoeren, storten en verdichten van de betonspecie leiden tot een efficiëntere verwerking. Ook onderzoek naar samenstellingen die niet of nauwelijks moeten verdicht worden, zal resulteren in rendementsverbetering. Meer typisch voor de prefab industrie is de introductie van steeds meer geavanceerde technieken, waarbij de productie niet alleen maximaal geautomatiseerd wordt, maar ook rechtstreeks vanuit in CAD opgemaakte ontwerpen gestuurd.
- Niet alleen staal, maar ook vezels kunnen trekspanningen opnemen. Vezels versterken de cementsteen. Zij beperken de micro-scheurvorming en overbruggen kleine scheurtjes. Staalvezels (bijv. in bedrijfsvloeren en buizen) en polypropyleenvezels (voor het beperken van plastische krimpscheuren in pas gestort beton) worden reeds veel gebruikt. Potentieel interessante soorten zijn o.a. glasvezel (waarvan de alkaligevoeligheid sterk kon verminderd worden door modificatie van de samenstelling en polymeertoevoeging), koolstofvezel en aramidevezel. Op basis van deze vezels worden ook trekelementen in de vorm van staven en strippen gemaakt die als wapening of als voorspanelement in betonconstructies kunnen worden opgenomen.
- De creativiteit van de ontwerper stuurt de ontwikkeling van beton op het vlak van de vormgeving. Vermits beton gietbaar is en er granulaten zijn van elke kleur, is in principe elke vorm en elke kleur mogelijk. Zo stimuleert de vraag naar meer vormvariatie het zoeken naar meer aanpasbare en polyvalente bekistingssystemen en naar meer doeltreffende bewerkingsmethoden van het betonoppervlak (wassen, met zuur behandelen, polijsten, enz.).
- De regelgeving en certificering van de verschillende cementgebonden materialen evolueren voortdurend. In toenemende mate zijn er producten met BENOR-merk op de markt. De gebruiker beschikt dus meer en meer over producten, waarvan hij zeker is dat de kenmerken overeenstemmen met de eisen van de norm.

De cement- en de betonindustrie gaan de uitdaging van morgen aan door te anticiperen op het toekomstige bouwgebeuren. Het ligt dan ook voor de hand dat de cementindustrie samen met enkele firma's van cementgebonden materialen zich associeerde met het project dat een podium voor reflectie over de toekomst wenst te zijn.

De aard van de draagstructuur zit vervat in de vormgeving van de zuidwestgevel. Porticken boven het terras en de uitstekende glaspartijen veruitwendigen het dragend skelet…



Benedenverdieping

1 Inkom
2 Balie
3 Secretariaat
4 Auditorium
5 Herentoiletten
6 Damestoiletten
7 Bergruimte
8 Circulatiezone
9 Sas
10 Kantoor van de toekomst
11 Inkomhal
12 Toiletten
13 Carport
14 Garage
15 Liftkoker
16 Hi-tech
17 Kelder
18 Keuken
19 Ontbijthoek
20 Zithoek
21 Wintertuin
22 Terras

Eerste verdieping

23 Hal
24 Home office
25 Rotonde
26 Slaapkamer
27 Badkamer
28 Inkom loges
29 Kinderslaapkamer
30 Fitnessruimte
31 Douchecel
32 Kantoor van de toekomst
33 Circulatiezone
34 Cafetaria
35 Bar
36 Herentoiletten
37 Toiletten gehandicapten
38 Damestoiletten
39 Binnenterras
40 Terras
41 Sas

Tweede verdieping

42 Onthaal loges
43 Bar
44 Herentoiletten
45 Damestoiletten
46 Loge 2
47 Terras loge 2
48 Loge 1
49 Terras loge 1

Concept

Om potentiële deelnemers aan het project «Huis van de Toekomst» te overtuigen had het architectenbureau Beliën een ontwerp nodig. Zonder bouwheer, zonder kennis over eisen en wensen van participerende firma's en instituten was die opgave verre van gemakkelijk. Zelfs het terrein was in het begin niet gekend. Een aantal uitgangspunten waren wel duidelijk. Het zou een huis zijn voor een denkbeeldig gezin met één kind, geen gewoon huis, maar één dat tegelijkertijd woning, tentoonstellingsruimte en podium wil zijn, één met een parcours, een begin en een einde. Het zou flexibel zijn, aanpasbaar, uitbreidbaar, met een onderscheid tussen drager en inbouw...
De ontwerper trok een rechte en noemde ze de tijdslijn. Hij plaatste er een cirkel bovenop met het middelpunt op de lijn. Binnen de cirkel plaatste hij het auditorium, het begin van het parcours. Van daaruit vertrokken in gedachten de bezoekers naar later, naar een bepaald moment in de tijd, waarop het huis is geënt. Hier plaatste hij een tweede cirkel en rakend aan de lijn een rechthoek met een ingeschoven vierkant. Uit die tijdloze geometrische basisvormen ontwikkelde hij prismatische en cilindervormige volumes die hij kneedde tot een harmonisch geheel.
De stap van schets- naar uitvoeringsontwerp was niet rechtlijnig, maar afhankelijk van de resultaten van de contacten met potentiële participerende firma's. Geleidelijk werd duidelijk dat cement het huis aan elkaar zou lijmen: keermuren, draagstructuur en buitenaanleg in ter plaatse gestort beton, vloerelementen in prefab beton, muren in cellenbetonblokken afgewerkt met een minerale pleister, een trap in architectonisch beton, enz.
Elke participant had echter zijn specifieke eisen en wensen die in de mate van het mogelijke in het ontwerp werden geïntroduceerd. Het fragment won hierdoor aan invloed ten koste van het globale concept. Wellicht daarom schreef Colette Demil: «Met Living Tomorrow was het niet de bedoeling een futuristisch project te verwezenlijken, maar eerder een staalkaart te bieden van materialen, producten en technieken die elk op een specifiek terrein voor vernieuwing gezorgd hebben en dat nog altijd doen» [10].

Het huis zou flexibel zijn, aanpasbaar, uitbreidbaar, met een onderscheid tussen drager en inbouw...

Toepassingen van cement en cementgebonden materialen

Kolommen en balken

De aard van de draagstructuur zit vervat in de vormgeving van de zuidwestgevel. Portieken boven het terras en de uitstekende glaspartijen veruitwendigen het dragend skelet. Het complexe spel van balken en kolommen komt tot uiting in de bijgevoegde tekeningen (gemaakt met behulp van het Arkey CAD programma) en foto's. Er werd een beton met een karakteristieke druksterkte van 37 N/mm² gebruikt. Deze relatief hoge waarde liet toe de nodige kolom- en balksectie te reduceren en het skelet uit te werken tot een meer slanke structuur. Uit het grafische materiaal blijkt ook hoe beton zich leent tot het uitwerken van in se ingewikkelde details, zoals de knooppunten van balken met kolommen, de overgang tussen balken met verschillende hoogte, het integreren van uitkragingen, het overgaan van rechte naar gebogen delen, enz.

Vloeren

Het doorkijkvenster boven de trap langs de wintertuin laat maar een glimp zien van de 674 prefab vloerelementen die in het complex aanwezig zijn. Zij vormen samen de 1456 m² vloeroppervlakte van het complex. Ongeveer 45% van de welfsels zijn in gewapend, de rest in voorgespannen beton. Hun dimensionering ging uit van een nuttige belasting van 4 tot 7 kN/m². Door de ronde omtrek van een aantal ruimten is de helft aan het uiteinde schuin afgewerkt. De welfselbreedte is steeds gelijk, namelijk 60 cm; de lengte varieert van 1,15 m tot 8,65 m. De onderzijde is telkens glad afgewerkt.
Deze cijfers bevestigen wat overduidelijk blijkt uit de legplannen: de productiemethode van prefab vloerelementen is zo flexibel geworden dat zij probleemloos kan inspelen op de vraag van ontwerpers om allerhande complexe ruimten te overspannen. De opbouw van het halfronde dak met welfsels en het gebruik van kleine vloerelementen als treden in de buitentrap naar het cafetaria, zijn ongewone toepassingen.
Als vloerafwerking werden o.a. marmermozaïektegels gelegd. Zij werden gemaakt op basis van speciaal geselecteerde korrels met hoge slijtweerstand, fijnstoffen, wit cement en kleurstof. Door het oppervlak te polijsten werd de inwendige korrelstructuur zichtbaar. De tegels verkregen hierdoor de nodige gladheid, glans en... uiteindelijk het grijsblauw marmerachtig uitzicht.

Muren

De keldermuren zijn samengesteld uit vermetste betonblokken. Bovengronds zijn verlijmde cellenbetonblokken gebruikt om het skelet waar nodig te sluiten. De buitenmuren zijn opgebouwd uit een binnen- en buitenspouwblad in cellenbeton met daartussen een stijve onbeklede glaswolplaat die de spouw volledig vult. In tegenstelling tot beton, waarin cement in aanwezigheid van water granulaten aan elkaar bindt, is cellenbeton het resultaat van een andere chemische reactie. Aan een mengsel van cement, zand en ongebluste kalk worden water en aluminiumpoeder toegevoegd. Er ontstaan luchtbellen die het mengsel doen rijzen. Zij blijven aanwezig na verharding door autoclaveren en zijn verantwoordelijk voor de lage volumieke massa van cellenbeton. Daarom heeft cellenbeton in vergelijking met beton een lagere thermische geleidingscoëfficiënt en een kleiner draagvermogen.

Op het zelfdragende buitenblad werd een minerale sierpleister (op basis van wit cement, luchtkalk, kiezel- en kalkachtig zand, toeslagstoffen en pigmenten) aangebracht. De éénlagige pleister is in de massa gekleurd. Verschillende kleuren en afwerkingen zijn mogelijk.

Trappen

De spiltrap tussen de eerste en de tweede verdieping is samengesteld uit spievormige prefab elementen. Als een opengevouwen waaier is het ene element op het andere gestapeld tot een krachtige spiraal. De vorm volgt uit de functie, reveleert het essentiële, is puur. Ook het prefab beton is ontdaan van zijn omhullende laag. Door de huid weg te slijpen en het oppervlak te polijsten werd de essentie ervan – de granulaten, ingebed in een cementmatrix – blootgelegd en de intrinsieke schoonheid tot leven gebracht.
De trap die het gelijkvloers van het huis met de eerste verdieping verbindt, is uitgevoerd in ter plaatse gestort beton en verder afgewerkt met marmermozaïektegels.

«Gefigureerd» beton (beton met ingedrukte motieven)

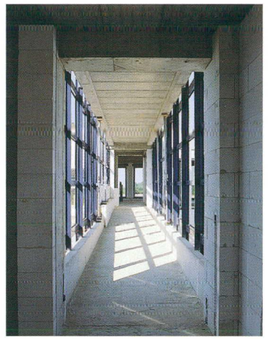
Kasseien, klinkers en plaveien van verschillende formaten en grijstinten verbinden het huis met straat en tuin. Tenminste zo lijkt het toch. In werkelijkheid lopen de bezoekers over motieven of «figuraties», aangebracht in de bovenste laag van een in situ gestorte betonplaat.
De werkwijze is als volgt. Eerst wordt de plaat gegoten, waarvan de betonsamenstelling (sterkteklasse, blootstellingsklasse, maximale korreldiameter van 20 mm, ...) afhangt van de specifieke toepassing in een bepaalde omgeving. Na het gieten wordt het oppervlak gladgestreken. Onmiddellijk daarna strooit men er een speciale kleurverharder op (een poeder op basis van cement, kwarts en anorganische kleurpigmenten) die in de bovenste laag met een plakmes wordt ingewerkt. Na het aanbrengen van een ontkistingspoeder worden hierop speciale drukpatronen geplaatst die het oppervlak de gewenste vorm en textuur geven. Ongeveer vierentwintig uur later (afhankelijk van de klimatologische omstandigheden) zaagt men de nodige krimpvoegen. Na uitharding wordt het oppervlak gereinigd en verder afgewerkt met een laag acrylhars om alle resterende poriën af te sluiten.
De bovenste laag is ondoordringbaar, duurzaam en kleurvast. Vorm, kleur en textuur zijn vrij te bepalen. De potentiële mogelijkheden van dit procédé reiken dus verder dan het louter imiteren van bestaande bestratingsproducten...

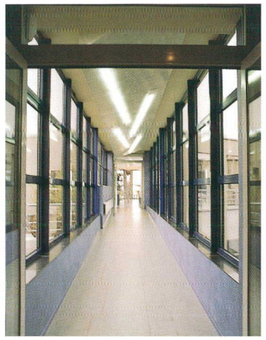
Keermuren

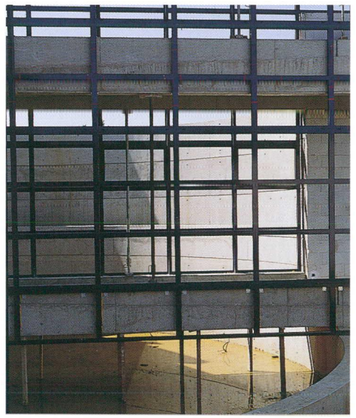
De denkbeeldige cirkels op de tijdslijn (zie concept) werden betonnen keermuren. De éne omgeeft het auditoriumgedeelte, de andere vormt een vijver aan het huis. Het beton heeft een karakteristieke druksterkte van 27 N/mm² en beantwoordt aan de eisen van blootstellingsklasse 2b «Vochtige omgeving met vorst», zoals bepaald in de norm NBN B 15-001.

Structuur, kolommen, balken, vloerelementen

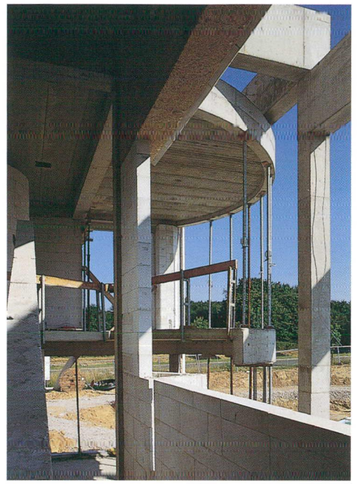
De trapvormige vloeropbouw van het auditorium bestaat uit welfsels, geplaatst op muren in betonblokken.





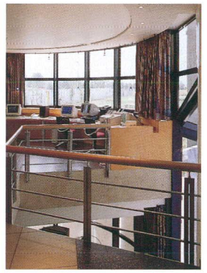


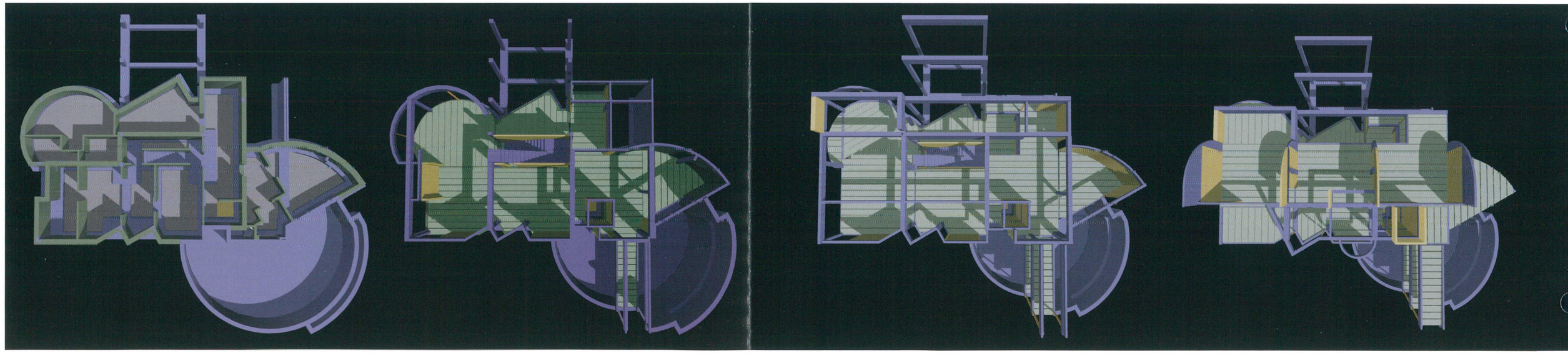
Een dubbele gang, bestaande uit balken en welfsels, verbindt het auditoriumgedeelte met het huis van de toekomst.



Het home office (vierde verdieping) gezien vanaf de trap.

Het home office gezien vanuit de gang op de eerste verdieping.

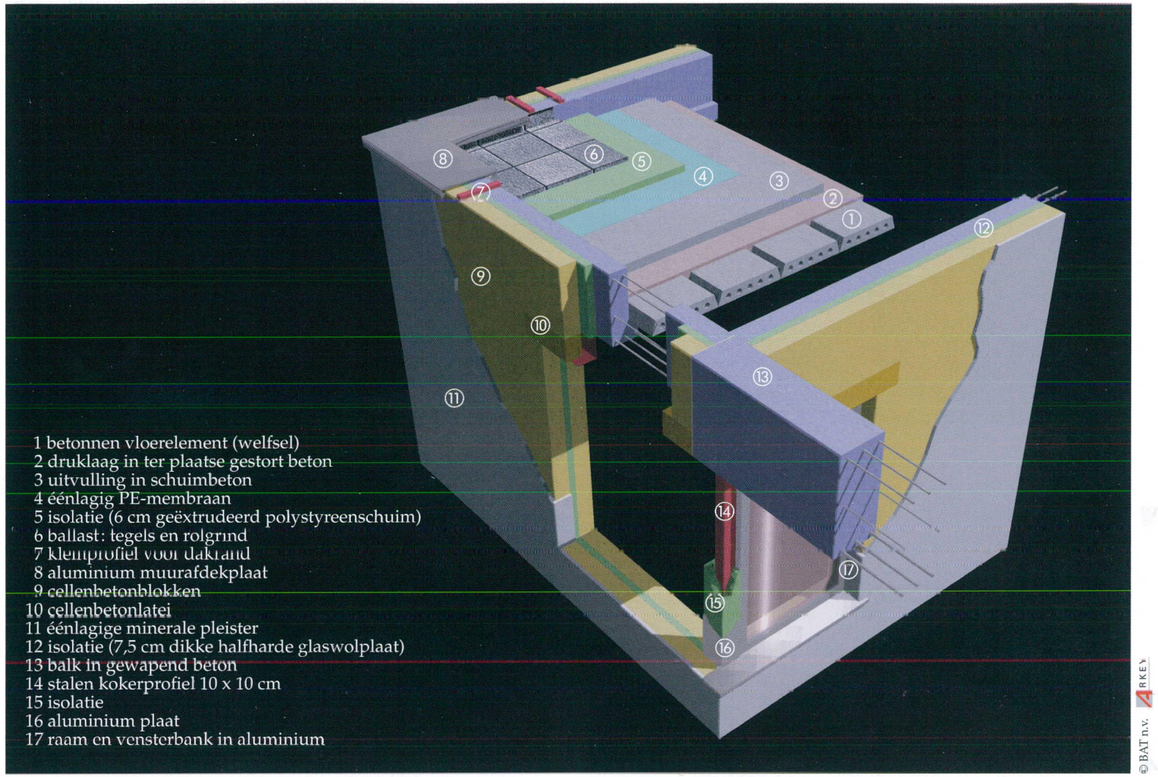




Keermuren

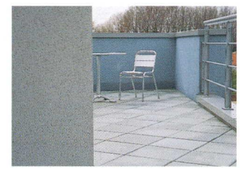
De denkbeeldige cirkels op de «tijdslijn» werden betonnen keermuren…

Detail: muur- en dakopbouw van de kinderslaapkamer



© BAT n.v. ARKEY

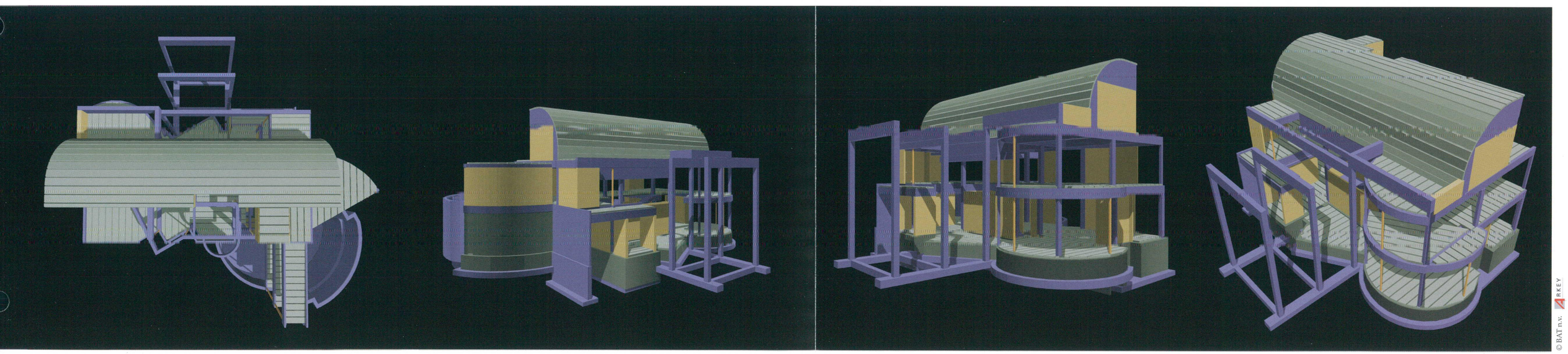
Metselwerk en pleister



Open haard en trap gezien vanuit de zithoek.

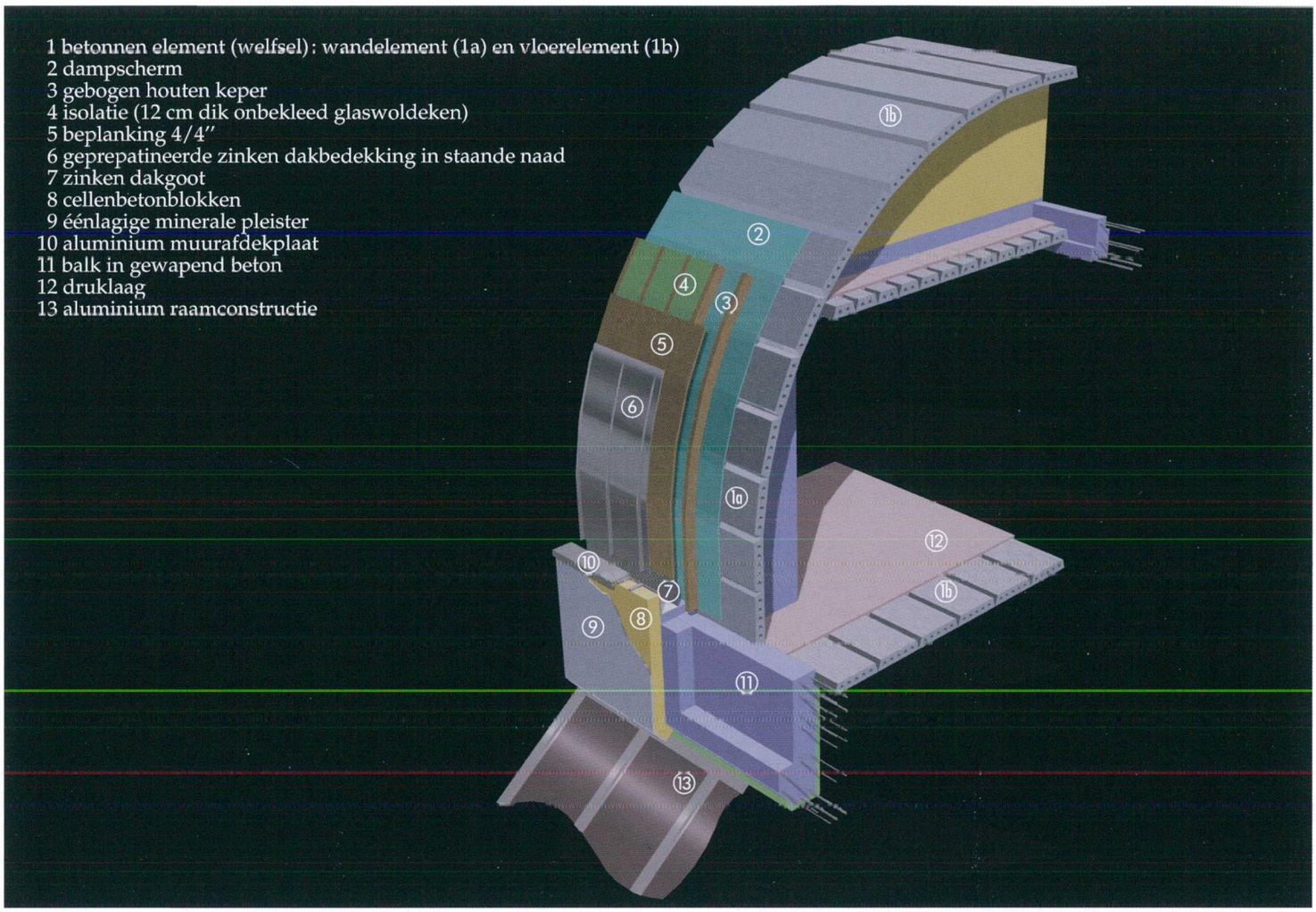
«Gefigureerd» beton

Vorm, kleur en textuur van «gefigureerd» beton zijn vrij te bepalen. De potentiële mogelijkheden van dit procédé reiken dus veel verder dan het louter imiteren van bestaande bestratingsproducten…

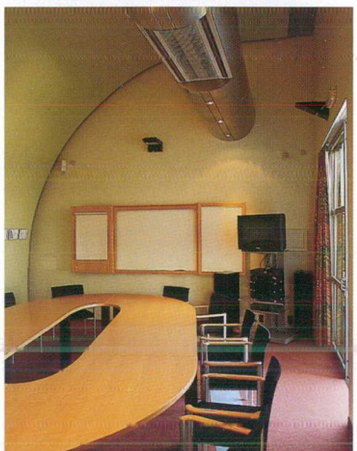


© BAT n.v. ARKEY

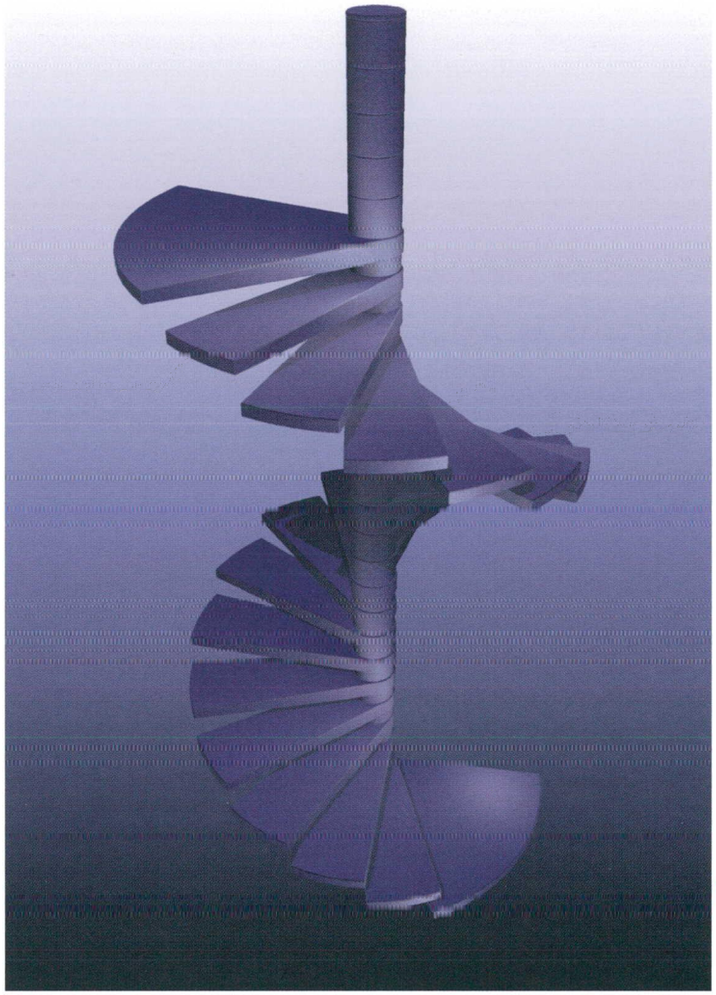
Detail: vloer- en dakopbouw van loge



© BAT n.v. ARKEY

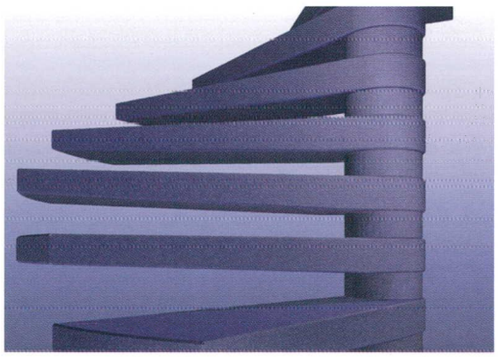


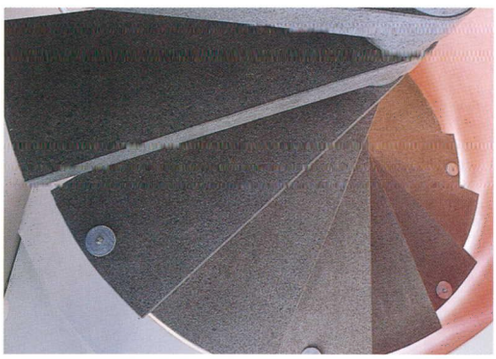
Trap in architectonisch beton



© BAT n.v. ARKEY

… Als een opengevouwen waaier is het ene element op het andere gestapeld tot een krachtige spiraal….





Technische gegevens

Architect:
Studiebureau Beliën,
Begonialaan 21, 3550 Heusden-Zolder,
tel. (011) 20 05 09

Studiebureau:
Wygaerts,
Voortstraat 102, 3582 Beringen,
tel. (011) 42 44 88

Aannemer:
Moeskops,
Schoebroekstraat 52, 3583 Paal,
tel. (011) 43 44 55

Participanten met betrekking tot cement en cementgebonden materialen:

FEBELCEM (Federatie van de Belgische Cementnijverheid) leverde via haar leden cement en gaf advies over de toepassingen van cementgebonden materialen. Het in situ gestorte beton was afkomstig van centrales van Inter-Beton, Readymix en CCB.

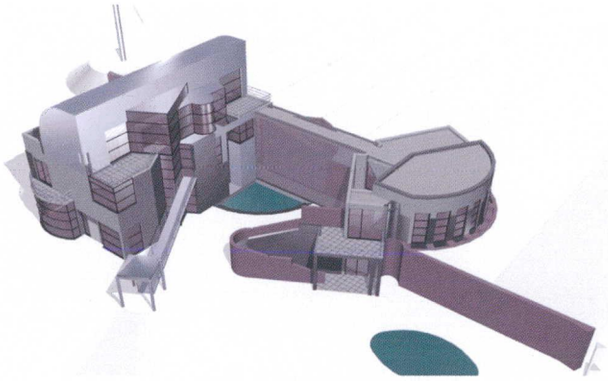
prefab vloerelementen:
ECHO - Donderslagweg 25 - 3530 Houthalen
tel. (089) 84 03 11 - fax (089) 38 51 36

trap in gepolijst architectonisch beton en marmermozaïektegels:
MARBRA-LYS - Spinnerijstraat 25 - 8530 Harelbeke
tel. (056) 21 17 84 - fax (056) 20 14 45

buitenaanleg in gefigureerd beton:
INCRETE VANDEVELDE
Informatie: Rifo bvba - Molijkestraat 17 - 3272 Messelbroek
tel. (013) 77 50 83 - fax (013) 78 14 49

cellenbetonblokken:
YTONG - Kruibeeksesteenweg 24 - 2070 Burcht
tel. (03) 252 77 01 - fax (03) 253 08 47

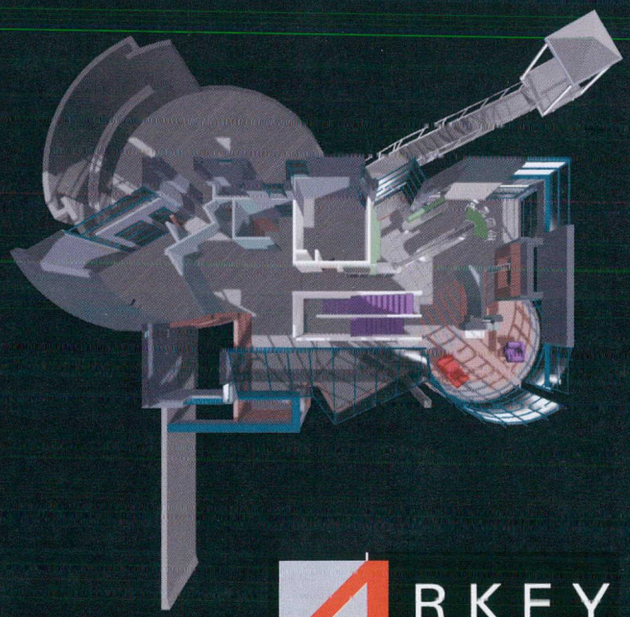
minerale pleister:
KNAEPEN - Olmenbosstraat 25 - 3511 Hasselt-Kuringen
tel. (011) 25 22 48 - fax (011) 87 20 92



LIVING
TOMORROW

Deze publicatie is tot stand gekomen dank zij de samenwerking met BAT NV, de Belgische leverancier van het CAD programma ARKEY. Zij stelt haar CAD programma als volgt voor:
"Het bouwkundig CAD programma ARKEY is gemaakt voor en door architecten. ARKEY is compleet en flexibel en behoort tot de krachtigste CAD systemen op de markt. Of het nu gaat om 2D of 3D tegenwerk, in ontwerp- of uitvoeringstadium, kleurenpresentaties of stuklijsten. Ze worden allen gemaakt met het standaard CAD systeem, dat meer is dan alleen een productie tekensyteem. Door zijn bi-directionele database koppeling vormt het tevens de basis voor een compleet "gebouw informatie beheer systeem" (Facility Management). Het aanpassen van de tekening leidt daarbij automatisch tot het aanpassen van de database en andersom. Het ARKEY-CAD programma behoort tot de meest geavanceerde ontwerpmethodes. Daarom lag het voor de hand om als participant het Huis van de Toekomst mee vorm te geven. Alle plannen voor het Huis van de Toekomst en al de tekeningen van deze publicatie werden met het ARKEY-CAD programma gemaakt."

BAT NV – Lange Lobroekstraat 201 – 2060 Antwerpen
tel. (03) 205 66 66 – fax (03) 205 66 60.



ARKEY

FEBELCEM

dit bulletin is een publicatie van:
FEBELCEM - Federatie van
de Belgische Cementnijverheid
Voltastraat 8 - 1050 Brussel
tel. (02) 645 52 11
fax (02) 640 06 70
www.febelcem.be

auteur:
ir. arch. Jef Apers

layout:
arch. Dominique Nihoul

fotografie:
Paul De Prins

tekeningen:
BAT NV

verantw. uitgever:
J.P. Latteur

wettelijk depot:
D/2003/0280/14
(herdruk, november 2003)

BIBLIOGRAFIE

[1] DEMIL C. ; VAN LEUVEN B.
Living Tomorrow. Het Huis van de Toekomst. La Maison du Futur
Zellik : Roularta Books / VIF Editions / Living Tomorrow, 1995, 113 p.

[2] MESKENS J.M.
De nieuwe woonmachine. Colette Demil schetst huis van morgen
Standaard der Letteren, 18 januari 1996, 1 p.

[3] VAN SYNGHEL K.
Wonen op afstand. Wat voor toekomst herbergt Het Huis van de Toekomst?
De Standaard Magazine, 23 februari 1996, p. 23-26

[4] ACKER P.
Le béton : des matériaux pleins d'avenir
Instantanés Techniques, juin 1996, p. 132-135

[5] RICHARD P.
Reactive powder concrete: a new ultra high strength cementitious material
Béton de poudres réactives: une nouvelle matrice cimentaire à très haute performance
Paris : Presses de l'ENPC, 1996
Fourth International Symposium on the Utilization of High Strength/ High Performance Concrete, 29-31 May 1996, Paris, Association française pour la construction, Association française de recherches et d'essais sur les matériaux et les constructions, Ecole nationale des ponts et chaussées, vol. 2, p. 357-366

[6] SCHUURMANS A.
De milieumaten van beton
Cursus 'Nieuwe ontwikkelingen rond het materiaal beton', 9-10-11 januari 1996, Stichting Postacademisch Onderwijs Civiele Techniek en Bouwtechniek, Technische Universiteit Delft

[7] HUYBRECHTS D. ; CEUTERICK D. ; WOUTERS G.
Levenscyclusanalyse en ecodesign
Energie & Milieu, 12e a., nr. 2, maart/april 1996, p. 72-81

[8] DE PAUW C.
Bouw- en sloopafval hergebruiken vereist strikte regelgeving
Het ingenieursblad, nr. 2, februari 1995, p. 30-32, 34-39

[9] MAYER L.
Beton - keine Gefahr für Boden und Grundwasser
Beton- und Stahlbetonbau, 89e a., Heft 3, März 1994, p. 64-69

[10] zie referentie 1