

Deze serie artikelen wordt verzorgd door de Technische Commissie 1 (Duurzaamheid) van Bouwen met Staal. Doel is de raakvlakken tussen duurzaamheid en het constructeursvak zichtbaar te maken en praktische handvatten te bieden voor het formuleren van oplossingen. In dit eerste artikel wordt de basis gelegd met relevante trends, ontwikkelingen en concepten voor duurzame constructies. De TC1 bestaat uit: Bart van Leeuwen (voorzitter), Movares; Malcolm Aalstein, Ingenieursbureau Amsterdam; Elise Bilardie, Imd Raadgevende Ingenieurs; Jan Willem Hoekstra, Van Rossum Raadgevende Ingenieurs; Jan-Pieter den Hollander, Bouwen met Staal; Thijs Huijsmans, DHV; Hilbert-Jan Kuijter, ABT; Bart Spaargaren, Grontmij; Wouter Visser, Iv-Consult.

# Appèl aan de constructeur,

**Het begrip duurzaamheid omvat een veelheid aan thema's en staat nog maar aan de vooravond van een ge-projecteerde toekomstvisie, maar appelleert nu al aan een werkzame en een studerende generatie ontwerpers en bouwers. Nu het behalen van een excellent rating of A-label al tot de doelen behoort, ligt het in de lijn der verwachting dat het beroep op partijen in de bouwkolom, en dus ook op de constructeur, nog zal toenemen. Welbeschouwd moet het echte werk pas beginnen. Een inleiding met kernbegrippen en concepten met de focus op thema's die onderscheidend zijn voor het constructeurschap.**

ir. M.C. Aalstein, ir. T.J.J. Huijsmans,  
ir. J.W.J. Hoekstra en ir. E.R. Bilardie

Malcolm Aalstein is strategisch adviseur bij Ingenieursbureau Amsterdam, Thijs Huijsmans is bouwkundig ingenieur bij DHV in Den Haag, Jan Willem Hoekstra is senior adviseur bij Van Rossum Raadgevende Ingenieurs; in Amsterdam en Elise Bilardie is constructeur bij Imd Raadgevende Ingenieurs in Rotterdam.

Aangevuurd door ambitieuze plannenmakers komt de komende jaren in Amsterdam-Zuid een forse bouwoperatie op gang. Onderdeel daarvan is een overkluizing over de A10. Voor de bouwwerkzaamheden moeten veel, grote en vooral belangrijke leidingen bovengronds komen te liggen. Voor vijftien jaar is een mooie 'tijdelijke' leidingenbrug in ontwikkeling. In het ontwerp is ervan uitgegaan dat de stalen brugconstructie ná die periode met weer andere overspanningen (dus kolommen op andere posities) op een nieuwe locatie soortgelijke functies kan vervullen.

Het is maar een voorbeeld van duurzaam construeren, want het constructief ontwerp kan immers op verschillende niveaus positief van invloed zijn op de duurzaamheid van gebouwen en infrastructurele constructies. Het meest voor de hand liggend is de keuze van het constructiemateriaal, de benodigde hoeveelheid (kg's) en de milieu-impact hiervan. Flexibiliteit op zijn beurt is een ontwerpuitgangspunt dat de economische levensduur van de constructie kan verlengen en daarmee de milieu-impact per jaar kan verminderen. Wanneer onderdelen van het gebouw hun nut hebben verloren komen recycling en hergebruik in beeld. Het is de verantwoordelijkheid van de constructeur om binnen deze diverse, en soms strijdige mogelijkheden, creatieve oplossingen te bedenken.

## Ratingsystemen

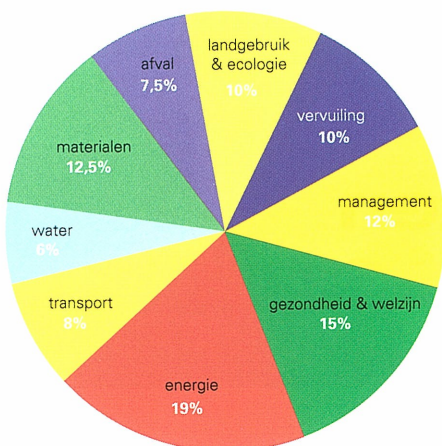
Een aantal van de duurzaamheidsthema's komt tot uiting in verschillende ratingsystemen en rekenmodellen voor duurzaamheid. De bekendste 'meetlatten' zijn GPR Gebouw, GreenCalc+, Dubocalc, LEED en BREEAM. Bekend is onderhand ook dat deze assessmentsystemen/labels duurzaamheid bekijken vanuit een bredere scope dan materiaal. Zo beschouwt BREEAM (afb. 1) onder andere de locatie en het management en neemt GPR Gebouw behalve materialen ook de toegankelijkheid en toekomstwaarde van het gebouw mee. Veel opdrachtgevers leggen om diverse redenen de focus op het behalen van een 'excellent

rating' of een 'A-label score' voor hun gebouw. Het mag duidelijk zijn dat het realiseren van een duurzaam ontwerp verder reikt dan een boekhoudkundige exercitie. De duurzaamheid van een gebouw wordt geborgd in een heldere visie en een geïntegreerd ontwerpproces waarbij de constructie zodanig wordt ingezet dat het geheel meer is dan de som der delen. Hier ligt een rol voor de constructeur die naast ontwerpcriteria als 'kosten' en 'maakbaarheid', het criterium 'duurzaamheid' als vanzelfsprekend neemt.

## Milieuprestatie

Bij het bepalen van de milieubelasting van een constructie wordt gekeken naar de gebruikte grondstoffen en de uitstoot van schadelijke stoffen tijdens de levenscyclus. De levenscyclus van een product begint bij de winning van de grondstoffen en eindigt, via productie, transport, gebruik en eventueel hergebruik, na de afvalverwerking. De standaardprocedure voor deze levenscyclusanalyse (LCA) is vastgelegd in NEN-EN-ISO 14040<sup>[1]</sup>. In het nieuwe Bouwbesluit dat in januari 2012 van kracht wordt, zijn voorschriften opgenomen waarin wordt bepaald dat voor gebouwen een berekening van de milieueffecten moet worden ingediend. Deze berekening gaat in op de materiaalgebonden milieueffecten en is vastgelegd in de 'Bepalingsmethode milieuprestatie van gebouwen en GWW-werken'<sup>[2]</sup>.

De milieu-impact van de materiaalkeuze kan met pakketten als GPR Gebouw, GreenCalc+ en Dubocalc worden uitgerekend. Hierbij wordt de milieubelasting over de levenscyclus met een aantal milieueffecten in beeld gebracht zoals het broeikaseffect, de aantasting van de ozonlaag, de uitputting van grondstoffen, smogvorming en giftige emissies. Om de milieueffecten te kwantificeren zijn er per effect schaduwrijzen vastgesteld. Dit zijn de preventiekosten om het desbetreffende milieueffect te vereffenen. Door de milieueffecten te vermenigvuldigen met de preventiekosten kunnen de milieukosten van verschillende ontwerpvarianten worden vergeleken.



1. Categorieën BREEAM-NL.

# van nature al alert

De mate waarin een materiaal meer of minder schadelijk is, is afhankelijk van hoe, waar en waarvoor het materiaal wordt verwerkt. Het onderscheid tussen de technische en economische levensduur speelt hier een belangrijke rol. Belangrijk is dus dat het juiste materiaal op de juiste manier wordt ingezet.

Het efficiënt toepassen van materiaal is een thema waar de constructeur van nature al alert op is. De *drive* om minder materiaal toe te passen heeft in het traditioneel ontwerp vooral economische en esthetische redenen. Het duurzaamheidsdenken voegt daar een nieuwe invalshoek aan toe: het spaarzaam inzetten van grondstoffen. Hogesterktestaal heeft in die zin veel potentie<sup>3,4</sup> (afb. 3). Bij een correcte toepassing van het hoogwaardige materiaal is een grondstoffenreductie tussen 15% en 30% te behalen.

## Recycling en hergebruik

De draagconstructie van een gebouw is goed voor 60% van het materiaalgebruik. Alleen al daarom zijn recycling en hergebruik belangrijke thema's. Staal is 100% recyclebaar zonder kwaliteitsverlies. Van het gesloopte constructiestaal wordt 95% omgesmolten tot nieuwe staalproducten. Gebruikt staal is een onmisbare grondstof bij de staalproductie. Het inzetten van schroot reduceert de broeikasemissies met 75% en gebruikt 70% minder energie en 40% minder water. Elke ton gerecycled staal bespaart 1,5 ton ijzererts en 0,5 ton kolen. Per jaar wordt er wereldwijd vijfhonderd miljoen ton staal gerecycled. Dit zal nog verder toenemen, alleen al vanwege de stijgende staalprijs.

Een kerngedachte van de Cradle-to-Cradle-filosofie is het zo hoogwaardig mogelijk sluiten van grondstoffencycli. Een eerste stap naar dit ideaalbeeld is het hoogwaardig hergebruik van afgedankte constructiedelen. Dit zijn onderdelen die kunnen worden hergebruikt zonder dat er eerst een intensieve bewerking nodig is. Het hergebruik van gesloopte brugdekken of zelfs complete bruggen is al eerder vertoond, maar is op dit moment eer-

der uitzondering dan regel. In de utiliteitsbouw verkeert het hoogwaardig hergebruik van constructiedelen nog in een experimentele fase. Hier liggen kansen voor het stalen element. Een staalconstructie is samen te stellen uit onderdelen die gemakkelijk kunnen worden gedemonteerd en vervoerd. Dit stelt wel voorwaarden aan de manier waarop het staal wordt verwerkt, de detaillering van de elementen en de mate van standaardisering. Ook liggen hybride elementen als staal-beton liggers en met schuimbeton behandelde of met beton gevulde kolommen dan minder voor de hand.

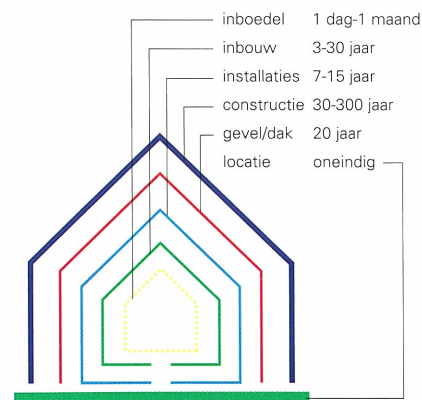
## Toekomstbestendig construeren

Een toekomstbestendig gebouw is een gebouw dat in staat is om te kunnen voldoen aan veranderende behoeften, wetgeving of toekomstige technologie. Deze adaptiviteit vraagt om een integrale ontwerpaanpak waarin de constructie een aanpassing van installaties, gevel en functie toelaat (zie *kader hiernaast*).

### Flexibiliteit

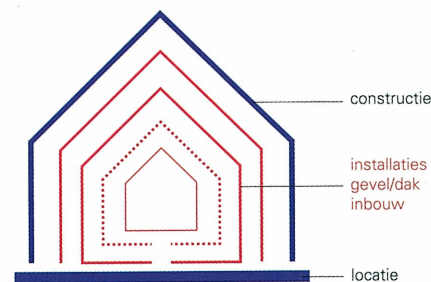
De flexibiliteit wordt gediend door in de ontwerpfase de verschillende onderdelen van het gebouw te differentiëren naar de economische levensduur en deze onafhankelijk aanpasbaar te maken. De hoofdonderdelen van een gebouw: de fundering, de hoofdconstructie, de vloeren, de gevel en het dak, de installaties, de binnenwanden en het interieur hebben wezenlijk verschillende levensduren.

De draagconstructie van een gebouw wordt standaard berekend op vijftig jaar. Voor een civiel kunstwerk is dit al gauw honderd jaar. In deze periode zal de behoefte om het bouwwerk anders te gebruiken een aantal keer voorkomen. Alleen al de interne verhuisfrequentie van een organisatie schommelt rond de drie tot vijf jaar. Daarnaast kan het om economische redenen wenselijk zijn een kantoorgebouw bedoeld voor één bedrijf, te verhuren in meerdere zelfstandige kantoorunits en vice versa. Of om kantoorruimte om te zetten tot bedrijfs- of woonruimte. Een duurzaam ge-

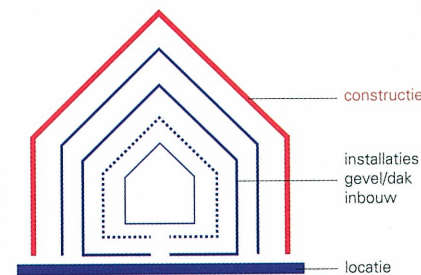


2. Uit *How Buildings Learn* van Stewart Brand<sup>51</sup>.

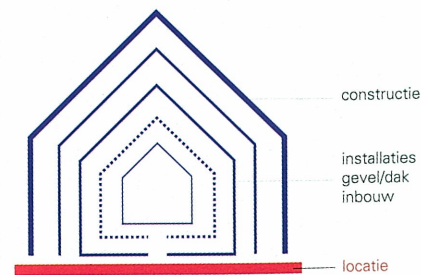
## Toekomstbestendigheid



**Flexibiliteit** is het vermogen van de gebouwconstructie om veranderingen in andere bouwlagen mogelijk te maken, zonder dat het daarbij noodzakelijk is de draagconstructie zelf te wijzigen.



**Aanpasbaarheid** is het vermogen van de gebouwconstructie om veranderingen aan de constructie zelf te kunnen ondergaan zonder of met slechts kleine gevolgen voor de overige bouwlagen.



Bij **verplaatsbaarheid** blijven zowel de constructie als andere bouwlagen in tact, maar is er een complete capaciteit aanwezig om de draagconstructie en mogelijke andere bouwlagen in zijn geheel te verplaatsen naar een andere locatie.

bouw beperkt zich idealiter niet tot verplaatsbare binnenwanden, maar biedt ook mogelijkheden tot het her-configureren van de gebouwtoegang en de interne ontsluiting. Staal leent zich uiteraard goed voor grote overspanningen, wat weer voordelig is voor het minimaliseren van de onverplaatsbare stabiliserende of dragende wanden. De gewenste mate van flexibiliteit is vast te stellen met toekomstscenario's, die te vertalen zijn naar de gewenste prestaties van een gebouw, bijvoorbeeld op het gebied van draagvermogen.

#### *Denken loslaten*

De gevel van een gebouw is bij uitstek het bouwdeel waarvan de technische en de economische levensduur met elkaar uit de pas lopen. De gebruiker herkent graag zijn identiteit in het gebouw. Daarnaast is de gevel het belangrijkste onderdeel voor het reguleren van de energiehuishouding. Met de steeds strengere energetische eisen stijgt de isolatiewaarde van de gevel. Maar ook de gebruikers stellen steeds hogere comforteisen. In reactie daarop worden gevelsystemen steeds slimmer. De gemiddelde economische levensduur van een gevel wordt geschat op twintig jaar. Dit betekent dat gevels gemakkelijk moeten kunnen worden gedemonteerd en er goed nagedacht moet worden óf en hoe gevels een functie krijgen in de stabiliteitsconstructie. In zijn rol als duurzame vijfde gevel heeft het dak de afgelopen tien jaar enorm aan belang gewonnen. Het is dé plek waar met pv-panelen, zonneboilers en windturbines energie kan worden opgewekt. Daarnaast zijn groene daken in opkomst die behalve extra ruimtelijke kwaliteit een positief effect hebben op de temperatuursregeling. Ook op de installaties is de druk op de aanpasbaarheid groot. Denk aan ontwikkelingen in informatietechnologie en intelligente klimaatregulering. De toekomst is ongewis, maar de constructie is wel beter op ontwikkelingen in te richten. Dat betekent onder meer het bereikbaar houden van installaties en afzien van ingestorte kabels en leidingen en het loslaten van denken in 'beton gegoten'-schachten.

#### *Aanpasbare constructies*

De volgende stap in het toekomstbestendig construeren is de aanpasbare draagconstruc-

tie. Zo kan het wenselijk zijn om op een later moment een aantal kolommen te verplaatsen om een inpandig loading dock mogelijk te maken of een riante vide te maken waardoor het gebouw weer aansluit bij de ambitie van haar gebruikers. In de ontwerpfase kunnen zonder al te grote voorinvesteringen voorzieningen in de constructie worden meegenomen om een andere draagweg mogelijk te maken. Het optoppen is als een toepassing van het aanpasbaar bouwen inmiddels al gangbaar (afb. 6). Maar een interessante notie is dat in een duurzaam gebouw de voorzieningen voor het in de toekomst optoppen al zijn meegenomen – zonder dat de constructie is overgedimensioneerd. Funderingen zijn achteraf vaak moeilijk aan te passen. In de ontwerpfase zijn er concepten denkbaar waarbij de fundering achteraf wél kan worden verzwaard om uitbreiding mogelijk te maken.

#### **Civiele kunstwerken**

De hierboven beschreven concepten spelen ook voor civieltechnische objecten, zoals bruggen, zij het dat de accenten hier anders liggen. Een mooi voorbeeld is de toename van de belastingen en de belastingsfrequenties op de brugdekken in een omvang die zelfs met de meest pessimistische statistische prognoses niet te voorzien was. Bij een duurzame brug is het dek zodanig ontworpen dat – mocht de situatie zich voordoen – het dek kan worden vervangen of versterkt. Bruggen van nu zijn vaak de verkeerskundige bottlenecks van later. Er zijn voorbeelden te over waarbij al na een aantal jaar bleek dat er behoefte was aan extra rijbanen, een fietspad of een busbaan. De brug heeft dan nog heel 'technisch leven' voor zich. Het verstandig om in de ontwerpfase na te denken over voorzieningen die het later toevoegen van een busbaan niet onmogelijk te maken.

#### **Total cost of ownership**

Total cost of ownership (TCO) vormt als het ware de financiële onderbouwing van de genoemde thema's, waarbij ontwerpbeslissingen worden genomen met een analyse van de kosten over de gehele levensduur van het object. Hierbij wordt dan ook rekening gehouden met de stichtingskosten, onderhoudskosten, kosten voor reparatie, aanpassing en sloop. Met

name de thema's materiaalgebruik, flexibiliteit en hoogwaardig hergebruik kunnen worden gekwantificeerd in een TCO-beschouwing. Flexibiliteit drukt bijvoorbeeld de kosten voor het aanpassen van het object en verhoogt de economische levensduur. Dit economische voordeel geldt ook voor hoogwaardig herbruikbare onderdelen die een belangrijke restwaarde kunnen vertegenwoordigen. Soms betekenen de genoemde concepten om in constructieve zin een 'duurzamer' gebouw te realiseren een extra investering. Hoewel de reductie van de total cost of ownership voor de hand ligt, lijken opdrachtgevers er niet vanzelfsprekend voor warm te lopen. Hier ligt een opgave voor de constructeur deze kostenvoordelen in beeld te brengen.

#### **De bouwketen**

Een grote kans ligt ook in de wijze waarop de bouwketen is ingericht. Traditioneel zijn producenten en leveranciers beperkt betrokken tijdens de exploitatiefase van gebouwen. Een gemiste kans, want de producenten kennen de hergebruikwaarde van het materiaal en hebben een leidende rol bij productinnovatie. Een concept in ontwikkeling waarbij die betrokkenheid wordt geborgd is *performance-based consumption*: de producenten blijven de eigenaars van de gebouwcomponenten en producenten, en de gebruiker betaalt slechts voor de prestaties van deze componenten. Denk voor de constructie aan het verkopen van draagvermogen. Dit vereist een andere gebouworganisatie, waarbij de bouwketen is geïntegreerd. In andere sectoren wordt er inmiddels al druk geëxperimenteerd met dergelijke businessmodellen (zie bijvoorbeeld [www.turntoo.com](http://www.turntoo.com)).

#### **Voorzet**

In dit artikel is een voorzet gegeven van de duurzaamheidsconcepten. Hoe deze concepten vorm krijgen in technische oplossingen, tekeningen en berekeningen is projectspecifiek en het resultaat van ontwerpproces met de opdrachtgever, de architect en de andere partners in het ontwerp. In de volgende artikelen van deze serie gaat de TCI dieper in op deze concepten en worden beschikbare oplossingen geschetst en met voorbeelden geïllustreerd. •

## Literatuur

1. *NEN-EN-ISO 14040* (Milieumanagement - Levenscyclusanalyse - Principes en raamwerk), 2006. 2. M. Haas, H. van Ewijk en D. Anink (sam.), *Bepalingsmethode milieuprestatie van gebouwen en GWW-werken*, Stichting Bouwkwiteit, Rijswijk 2010. 3. H.A. Grüter en H.J. Keijer, 'Staal voor krachtpatsers', *Bouwen met Staal* 210 (2009), p. 54-57. 4. J. Van den Bovenkamp en M.B.J. van Odenhoven, 'Woontoren New Orleans rust op gelijkwaardigheid', *Bouwen met Staal* 212 (2009), p. 48-51. 5. S. Brand, *How Buildings Learn, What Happens After They're Built*, Viking Penguin, New York 1994.



3. Voor het woningbouwproject New Orleans in Rotterdam is hogesterktestaal (Histar 460) gebruikt in de (parkeer)kelder waardoor een totale gewichtsbesparing (op het staal) van 30% is gerealiseerd.

4. 'TransPort', het hoofdkantoor van Transavia en Martinair bij Schiphol van Architectenbureau Paul de Ruiter. De ruime kolommenstructuur, stabiliteit uit de liftschachten én de grote netto verdiepinghoogte maken dit tot een flexibel gebouw (LEED-platinum en BREEAM-NL certificaat).



5. Het nieuwe onderkomen van Imd Raadgevende Ingenieurs, ontworpen door Ector Hoogstad Architecten. Herbesteding van een oude hal bestaande uit stalen spanten uit omstreeks 1950 is goed voor een levensduurverlenging van ongeveer 50 jaar.

6. Op het oude winkelcentrum Ter Meulen in Rotterdam worden maar liefst zestien verdiepingen toegevoegd (foto: Ronald Tilleman).