

Materialen, producten & circulair bouwen

In onze traditioneel lineaire economie worden materialen gewonnen, verwerkt in producten en uiteindelijk gestort op stortplaatsen of verbrand in verbrandingsovens. Om de beschikking te kunnen blijven houden over materialen is een paradigma-verschuiving richting circulaire modellen onvermijdelijk. De bouwsector is voor een groot deel verantwoordelijk voor het totale materiaalgebruik. Ter illustratie: op Europees niveau wordt gemiddeld 37,5% van al het gebruikte hout toegepast in de bouw, 21% van al het staal, 65,5% van het glas en 75% van het beton [1]. Recycling is redelijk ingeburgerd in de bouw, maar vaak gaat dat gepaard met een aanzienlijk kwaliteitsverlies. Kennis, vaardigheden en technieken om hoogwaardige circulaire stromen te bewerkstelligen staan nog in de kinderschoenen. .

B. (Bob) Geldermans¹, P. (Peter) Luscuere^{1,2}, S. (Sabine) Jansen¹, M. (Martin) Tenpierik¹

1. TU Delft, Faculteit Bouwkunde, sectie Climate Design

2. Inspired Ambitions

De termen grondstoffen, materialen en producten zijn niet synoniem, al vallen ze soms met elkaar samen. Er dient een belangrijk onderscheid aangebracht te worden. Gemakshalve kun je stellen dat **producten** worden gemaakt van **materialen**, die opgebouwd zijn uit **grondstoffen**. Elk niveau brengt andere keuzes met zich mee wanneer circulariteit een drijfveer is. Zo kan homogeniteit een belangrijke voorwaarde zijn voor een materiaal om goed in een volgende cyclus te functioneren, terwijl een homogene grondstof misschien niet de juiste eigenschappen heeft om optimaal in nieuwe producten toegepast te worden. In dit artikel ligt de focus op materialen en producten in gebouwen, ten einde een gezonde omgang – op macroniveau – met de grondstoffen daarvoor te ondersteunen. Om dat toe te lichten kan de volgende formule gebruikt worden, waarin M = de hoeveelheid

materiaal (in kg/jaar), P = het aantal producten, W = het gewicht van de producten en L = de levensduur van de producten. De stap naar circulair kan gemaakt worden door het toevoegen van de regeneratiefactor (in verschillende gradaties: onderhoud, herverdeling, renovatie etc.), vertegenwoordigd door de R .

$$M = P*W/L \rightarrow M = P*W*(1-R)/L$$

-Figuur 1- Formule voor de stap van lineair naar circulair materiaalgebruik

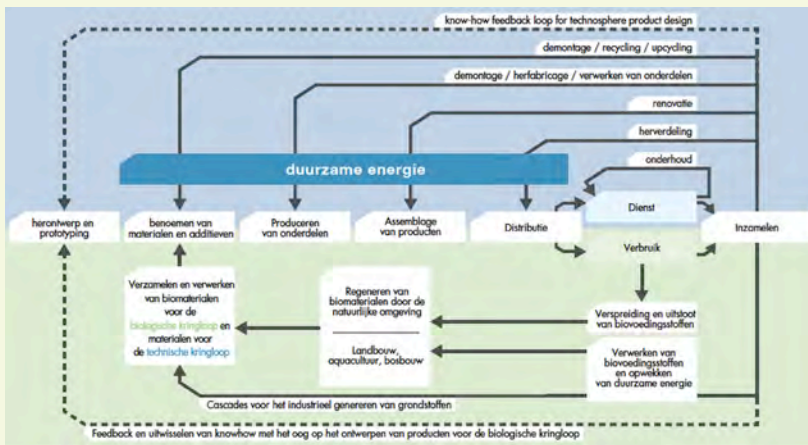
■ VAN LINEAIR NAAR CIRCULAIR

Samen met Kennisplatform Duurzame Grondstoffenbeheer, Briqs Foundation en Kenniscentrum RDM heeft de TU Delft onlangs een verkennende studie afgerond naar

voorwaarden voor circulaire materiaal- en productstromen in gebouwen, met een nadruk op ontwerp-technische aspecten [2]. Deze voorwaarden zijn vervolgens geïntegreerd in een stappenplan voor het faciliteren van circulariteit in bouw- en renovatie-opgaven. De studie – in opdracht van gemeente Rotterdam – was gestructureerd rond een reeks workshopsessies waar data, kennis en bevindingen gedeeld, besproken, getoetst en aangescherpt werden. Naast de kerngroep van bovengenoemde partijen werd iedere workshop aangevuld met externe experts, mede met het doel om de Nederlandse initiatieven en inzichten op dit vlak zo goed mogelijk te harmoniseren.

■ INTRINSIEKE EN RELATIONELE EIGENSCHAPPEN

Om circulariteit goed te faciliteren moeten bouwmaterialen en -producten voldoen aan



-Figuur 2- Cradle to Cradle materiaalstromen in de circulaire economie [Bron: EPEA & Returnity Partners]

een aantal condities. Ten eerste dienen de intrinsieke eigenschappen in orde te zijn, dit betekent dat het materiaal of product: kwalitatief passend is bij de functionele prestatie, duurzaam tot stand is gekomen en duurzaam kan 'reïncarneren' (na iedere iteratie), niet schadelijk is (alleen gezonde materialen) en past binnen beoogde biologische cycli en cascades enerzijds, of één of meerdere technische cycli anderzijds (in toenemende mate van bewerkelijkheid: onderhoud, herverdeling, renovatie, her-fabricatie en materiaal-recycling), bekend van Cradle to Cradle® en Circular Economy.

Samenstelling en prestatiekwaliteit van het duurzame, gezonde materiaal of product moet dus bekend zijn, evenals het gebruiks- en hergebruiks-pad. Complexe producten die veelvuldig in korte onderhouds- of herverdelings cycli kunnen functioneren zijn daarbij niet meer of minder geschikt dan homogene recyclebare producten met een hoge zuiverheid en concentratie. Ingrepen aan het materiaal of product door de tijd heen maken dit een 'lerend proces', geen eenmalige administratie. Verder dienen de producten vervaardigd te zijn in afstemming met het ontwerp en gebruik van het gebouw, wat we de relationele eigenschappen zouden kunnen noemen. Dit heeft alles te maken met het anticiperen op meerdere – minimaal gelijkwaardige – gebruikssiteraties in de toekomst. Technisch gezien komt dit neer op: maatvoering (hou rekening met veranderende capaciteitseisen), aansluiting & verbindingen (droog en logisch) en performanceduur (gedefinieerd op basis van verschillende bouwlagen). Ook hier betreft het weer een lerend proces, waarbij interventies – zoals het vervangen van een tussenwand of installatie onderdelen – steeds accuraat geregistreerd moeten worden.

Bezien vanuit circulair oogpunt vormt zich de eigenlijke waarde van het bouwproduct op het snijvlak van intrinsieke en relationele eigenschappen. Deze waarde is niet absoluut en kent meerdere parameters. Er is bijvoorbeeld de gebruikerswaarde: hoe waardeert

de gebruiker de bouwtechnische interventie waar het product aan bijdraagt? Dan is er het terugwinpotentieel: hoe gemakkelijk kan het product worden gedemonteerd? Verder is er een waarde of potentieel verbonden aan de mate waarin het product kan functioneren binnen de cycli uit figuur 2. Uiteraard is er ook een waarde in euro's, die afhangt van marktwaarde, materiaal- en grondstof waarde en sociaal-culturele waarde. Uit voornoemde volgt dat het bewerkstelligen van circulaire materiaal- en productstromen in gebouwen kennis en data vereist met betrekking tot:

1. De exacte samenstelling van het materiaal of product
2. De prestatiekwaliteit van het materiaal of product
3. Het beoogde (her)gebruikspad van het materiaal of product
4. De mogelijke performanceduur van materiaal, product, component of dienst
5. De toegepaste verbindingstechniek tussen materialen, producten of componenten
6. De gehanteerde maatvoering van de materialen, producten of componenten
7. De datakwaliteit van het gehanteerde registratiesysteem

ADAPTIEF VERMOGEN EN CIRCULARITEIT

De relationele eigenschappen, waaraan hierboven wordt gerefereerd, zijn het gebied van adaptief en open bouwen. Voor een beter begrip van het belang hiervan moeten we iets

dieper ingaan op 'adaptief vermogen'. Dit is vooral gestoeld op het gedachtegoed van Steward Brand (6 'lagen van verandering', 1994) [3] en John Habraken (Open Bouwen, 1961) [4], maar ook op andere denkers en wetenschappers in dit veld. De tweedeling tussen het collectieve en structurele deel enerzijds (de drager) en het individuele en non-structurele deel anderzijds (de inbouw) van het Open Bouwen concept volstaat voor het weergeven van de twee meest prominente domeinen van besluitvorming: investeerder en gebruiker. De zes lagen van Brand, weergegeven in figuur 4, zijn daarbij nuttig om nader in te zoomen op materialisatie enerzijds en nuances in de invloedssfeer anderzijds. De omloopsnelheid van deze lagen – of van de producten en materialen daarbij gebruikt – variëren van virtueel oneindig (terrein) tot, zeg, 1-10 jaar (spullen, zoals inboedel) en de rest valt daartussen.

De link tussen de lagen van verandering enerzijds en materiaal- en productcycli anderzijds wordt concreet door middel van de matrix uit figuur 5. Deze matrix zet de lagen af tegen de diverse – korte en langere, biologische en technische – kringlopen, gebaseerd op C2C en CE, zoals eerder in dit artikel benoemd. Het invullen van een dergelijk schema vereist veel expertise, die niet bij één partij ligt. Bovendien is dit continu afhankelijk van de state of the art in technologie en – financiële, logistieke – organisatie. Hier ligt de grote ontwarringsopgave van lagen, componenten en netwerken. Nauwe afstemming tussen onder meer ontwerpers en leveranciers is een voorwaarde.



-Figuur 4- Zes lagen van verandering

	DRAGER	INBOUW
Hoofdkenmerk	Lange levensduur, vast en architectonisch sterk	Korte levensduur, variabel, demontabel
Scope	Hoofdconstructie, grondgebonden, collectieve ruimten	scheidingswanden, keuken, badkamer, installaties (en eventueel ook façade elementen)
Klant	Investeerder	Gebruiker
Duurzaamheid/link met circulariteit	lange levensduur met behoud of toename van waarde	passend bij veranderingen, minder afval, faciliteert circulair hergebruik

-Figuur 3- Demarcatie drager en inbouw volgens het Open Bouwen principe

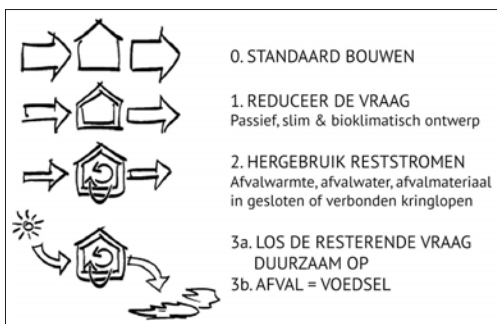
	Bio-cascades	Bio-feedstock	Onderhoud	Her-distributie	Renovatie	Her-fabricatie	Recycling
SPULLEN							
FYSIEKE INDELING							
INSTALLATIE							
FACADE							
DRAAGSTRUCTUUR							
TERREIN							

-Figuur 5- Matrix van gebouw-gerelateerde lagen en biologische & technische hergebruik cycli

STAPPENPLAN

Figuur 6 toont de Nieuwe Stappenstrategie, ontwikkeld aan de TU Delft [5], die een sterk accent legt op de tweede stap: hergebruik. Deze strategie is als startpunt gebruikt voor het integreren van de eerder genoemde voorwaarden.

De Nieuwe Stappenstrategie (NSS) is toe-pasbaar als handleiding bij circulair bouwen, met enkele belangrijke nuance verschillen. Ten eerste dient het onderscheid tussen de domeinen gebouwonwerp enerzijds en materialen & producten anderzijds in het stappenplan te worden geïntegreerd. Figuur 7 toont deze domeinen, gekoppeld aan de zeven geïdentificeerde indicatoren voor circulariteit en primair betrokken partijen. Controle op de kwaliteit van data en de registratie methodiek (in BIM of een ander systeem) heeft betrekking op beide domeinen. Dergelijke registratie is nodig om in de pas te blijven lopen met kennisontwikkelingen en behoeften van stakeholders. In die zin gaat het altijd om 'lerende producten' in



-Figuur 6- De Nieuwe Stappenstrategie

'lerende gebouwen'.

Verder ligt er een spanningsveld besloten in de stap 'Reduceer de vraag'; dit is namelijk niet zonder meer van kracht in deze context, maar hangt af van welke termijn in acht wordt genomen (stap 4). Tot besluit zijn er meerdere routes denkbaar, waardoor de stappenvolg-orde iets complexer wordt. Het stappenplan circulair bouwen, geïllustreerd in figuur 8, neemt deze aanpassingen mee en steekt op twee niveaus in: gebouwniveau en materiaal- & productniveau. De stappen worden hierna toegelicht.

Stap 1: Toegevoegde waarde beoordelen van beoogde functie en huisvesting. Bijvoorbeeld: Het Nieuwe Werken uitbreiden of toch meer kantoorruimte middels een nieuwe vestiging?

-Figuur 7- Domeinen, indicatoren en primair betrokkenen bij circulair & open bouwen

Domein	Indicator groep	Primair betrokken partijen
Materiaal & Product	Samenstelling	Product ontwerpers, producenten,
Materiaal & Product	Kwaliteit	Product ontwerpers, producenten
Materiaal & Product	Gebruiks-pad	Product ontwerpers, producenten, architecten
Gebouw ontwerp	Performance duur	Architecten, installateurs, aannemers, investeerders, gebruikers
Gebouw ontwerp	Verbinding	Architecten, installateurs, aannemers, producenten, leveranciers
Gebouw ontwerp	Maatvoering/ dimensionering	Architecten, installateurs, aannemers, producenten, leveranciers
Kennis & vaardigheden	Data/registratie kwaliteit	Alle stakeholders: onderhoudsinstallateurs, facility managers, leveranciers, ontwerpers, aannemers, investeerders, gebruikers etc.

Stap 2: Verken bestaand, leegstaand/komend lokaal vastgoed op beschikbaarheid en bruikbaarheid. M.b.v. lokale/regionale inventarisaties van leegstaand vastgoed, voor zover aanwezig.

Stap 3: Integreer functieverandering in nieuw adaptief ontwerp. Maak onderscheid tussen generieke delen met een lange levensduur en hoge functioneel-architectonische waarde aan de ene kant en de specifieke demontabele delen met variabele levensduur

ren aan de andere. Het is goed denkbaar dat deze stap door verschillende partijen ingevuld wordt. Maatvoering en verbindingen zijn hier vanuit gebouw-ontwerpend en construerend opzicht de leidende principes.

NB: Er kan ook sprake zijn van 'aanbodge-richt ontwerpen', waarbij hergebruik het leidende principe is en deze stap in het traject opschuift (zie stap 5).

Stap 4: Dimensioneer intelligent.

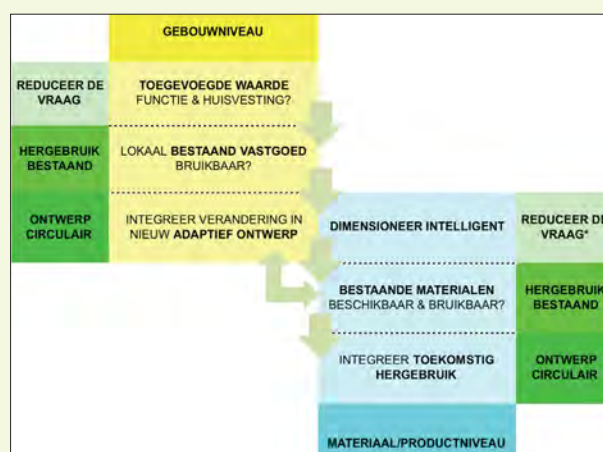
Maatvoering en capaciteiten dienen aangepast te worden aan de beoogde functie en functieduur. Dit is het domein van materiaal- en product ontwerp. In sommige gevallen zal een over-dimensionering van toepassing zijn (ten einde vrijheid in functieveranderingen in de tijd te faciliteren) en er dus meer materiaal benodigd zijn, in andere gevallen kan lean worden

ontworpen en gebouwd, wat de materiaalvraag reduceert.

'Reduceer de vraag' uit de Nieuwe Stappenstrategie is hier dus afhankelijk van welke termijn in acht wordt genomen.

Stap 5: Verken de beschikbaarheid en bruikbaarheid van secundaire materialen.

Uiteraard geldt hier de vraag: wanneer is het nog lonend om gebruikte materialen toe te passen die op grotere afstand vrijkomen? Een oogstkaart, waarin geografische en tijd-gerela-



-Figuur 8- Stappenplan circulair bouwen

teerde gegevens gekoppeld zijn, kan hier goed dienst doen.

NB: Deze stap kan ook leidend zijn bij ontwerpkeuzes en dus naar voren schuiven in het traject (zie stap 3).

Stap 6: Integreer hoogwaardig toekomstig hergebruik. Anticipeer op toekomstige gebruikssiteraties door verandering als ontwerp principe toe te passen. Ontwerp voor ontmanteling en flexibiliteit. Maak gebruik van materialen en producten die waarde vast zijn.

CONCLUSIES

- Onderscheid aanbrengen tussen de verschillende lagen van verandering is even nuttig als cruciaal bij het tot stand brengen van circulaire stromen, niet alleen op materiaal/product vlak maar ook qua eigendom: aan de basis staat daarbij de tweedeling drager – inbouw, met twee potentieel verschillende domeinen van besluitvorming. De lagen van Brand geven extra grip op de scheiding tussen- en invulling van diverse materiaal- & productcycli.
- Een gebouw moet aanpasbaar zijn om blijvend te voldoen aan wensen van investeerder en gebruiker. Aanpasbaarheid is geen doel op zich, maar een middel om waarde te genereren.

- Adaptief en circulair bouwen vraagt om een mate van standaardisering waar het de inbouw betreft. Standaardisering van verbindingen is daarbij het meest van belang.
- Levensduurbepaling van ieder gebouwcomponent wordt aan het begin van het ontwerpproces bepaald om materiaal- en productkeuzes daarop te kunnen afstemmen.
- De link tussen gebouw gerelateerde lagen van verandering en materiaal-/productcycli is eenvoudig weer te geven in een matrix. Het uitwerken van een dergelijk schema vereist echter veel expertise, die niet bij één partij ligt. Naast een systematische is er verder ook een projectmatige afstemming benodigd.
- Controle op de kwaliteit van data en de registratiemethodiek (in BIM of een ander systeem) is nodig ten einde in de pas te blijven lopen met kennisontwikkelingen en behoeften van stakeholders. In die zin gaat het altijd om 'lerende producten en lerende gebouwen'.

TOT SLOT

Dit artikel beperkt zich tot ontwerp-technische aspecten voor het faciliteren van circulaire materiaal- en productstromen in gebouwen. Daarmee laat het bijvoorbeeld sociale,

financiële en juridische factoren grotendeels buiten beschouwing. Het spreekt voor zich dat deze niet minder van belang zijn bij het succesvol implementeren van circulaire principes in de bouw. Bovendien zijn andere essentiële stromen – energie, water en top soil – geen onderdeel van de studie. Het integreren van andere stromen en factoren vraagt om – onderzoek naar – innovatieve meetmethoden die scherper rekening houden met het intrinsieke en relationele (waarde)potentieel van materialen.

BRONNEN

1. Ecorys, Resource efficiency in the building sector, DG Environment, 2014
2. Geldermans B. en Rosen-Jacobson, L., Materialen & Circulair Bouwen, TU Delft, 2015
3. Brand S., How Buildings Learn – What happens after they are built, Viking Press, New York, 1994
4. Habraken, N.J., De dragers en de mensen, Scheltema en Holkema, Amsterdam, 1961
5. Dobbels A. van den, Towards closed cycles – New strategy steps inspired by the Cradle to Cradle approach, in: Proceedings PLEA 2008 Conference, UCD, Dublin, 2008

Carrier DESIGNING INNOVATIVE SOLUTIONS
United Technologies

Carrier Experience Center VSK
Stel eenvoudig uw eigen servicecontract samen

Bezoek de Carrier stand op de **VSK beurs** en maak kennis met de laatste innovaties. **Hal 11**

VSK 2016