



WTCB

# Naar een circulaire economie in de bouw

## Inleiding tot de principes van de circulaire economie in de bouwsector

September 2018



*Opgesteld in het kader van de Technologische Dienstverlening Duurzaam bouwen en duurzame ontwikkeling in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, een partnerschap van het WTCB in samenwerking met de CBB-H en met de steun van Innoviris.*



**innoviris.brussels**   
empowering research

# Naar een circulaire economie in de bouw

## Inleiding tot de principes van de circulaire economie in de bouwsector

### Auteurs

---

Ambroise Romnée en Jeroen Vrijders

September 2018

#### **WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF**

WTCB, inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947

Maatschappelijke zetel: Lombardstraat 42 te 1000 Brussel

Dit is een publicatie van wetenschappelijke aard. De bedoeling ervan is de resultaten van het bouwonderzoek uit binnen- en buitenland te helpen verspreiden.

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de tekst van deze publicatie is slechts toegelaten na schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.



# Waarschuwing

*Deze monografie moet beschouwd worden als louter informatief. Hoewel het WTCB op het moment van de publicatie alle voorzorgen getroffen heeft om ervoor te zorgen dat de verstrekte informatie correct en niet misleidend zou zijn, kan het Centrum niet borg staan voor de exactheid of volledigheid ervan.*

*De gegeven voorbeelden zijn niet limitatief en worden enkel gegeven ter illustratie. In de tekst wordt soms verwezen naar websites of externe gegevens waarover het WTCB geen controle heeft en waarvoor het Centrum op geen enkel ogenblik verantwoordelijk gesteld kan worden.*

*Dit document werd door het WTCB opgesteld voor zijn leden.*

*De lezer draagt zelf de volledige verantwoordelijkheid voor het gebruik van de tekst, voor de interpretatie ervan en voor de genomen beslissingen na het lezen van dit document. Het WTCB kan in geen geval aansprakelijk gesteld worden voor schade die voortvloeit uit de toepassing van de in deze monografie voorgestelde principes.*

*Deze publicatie is beschermd door een copyright en mag niet – zelfs niet gedeeltelijk – gereproduceerd, vertaald, verdeeld of op een andere wijze gepubliceerd worden zonder het voorafgaandelijke akkoord van het WTCB. Alle rechten voorbehouden.*



## Inhoud

Voorwoord.....	4
Woordenlijst .....	5
1. Inleiding.....	7
2. Systemische overgang.....	9
2.1 Karakteristieken van het huidige socio-economische systeem .....	9
2.2 Uitdagingen voor de bouwsector .....	11
2.3 Europees en regionaal beleid inzake circulaire economie .....	12
2.4 Circulair economisch model voor de bouw .....	13
3. Circulair ontwerpen en bouwen .....	16
3.1 Principes van het circulair ontwerpen en bouwen .....	17
3.2 Huidige en toekomstige ontwikkelingen .....	46
3.3 Economische uitdagingen en opportuniteiten.....	54
4. Urban mining .....	57
4.1 Principes van <i>urban mining</i> .....	58
4.2 Huidige en toekomstige ontwikkelingen .....	78
4.3 Economische uitdagingen en opportuniteiten.....	82
5. Circulaire business modellen .....	86
5.1 Belangrijkste circulaire business modellen .....	90
5.2 Huidige en toekomstige ontwikkelingen .....	109
6. Samenvatting en besluit .....	112
7. Bibliografische verwijzingen .....	117





# Voorwoord

Het begrip circulaire economie komt alsmaar meer onder de aandacht. Maar waarover gaat het nu precies? Betreft het hier gewoon een verbetering van de bestaande praktijken of eerder een echte paradigmaverschuiving? Moet er enkel meer gerecycleerd worden, of moeten ook de business modellen van de bedrijven fundamenteel veranderd worden? Hoe kan men dit concept toepassen op de bouwsector? Wat betekent een circulair gebouw of een circulaire bouwplaats? Wat zijn de gevolgen ervan voor de aannemer en voor de andere actoren in de bouwketen?

Deze monografie geeft een overzicht van wat de circulaire economie betekent of zou kunnen betekenen voor de bouwsector, evenals van de kansen die ze creëert (innovatiemogelijkheden, nieuwe markten ...).

Via een analyse van de huidige stand van de kennis, de toekomstige uitdagingen die gepaard gaan met het circulaire model en een aantal concrete voorbeelden kan de bouwprofessioneel geïnspireerd worden door deze nieuwe evolutie en hier proactief op anticiperen.

Na een korte inleiding over de socio-economische context die aan de grondslag lag van de opkomst van dit nieuwe model, gaat dit document dieper in op de betekenis ervan voor de bouwsector en dit, aan de hand van drie grote thema's:

- het ontwerp en de uitvoering van een gebouw volgens de principes van de circulaire economie
- *urban mining*
- circulaire business modellen.

Voor elk thema worden de belangrijkste aspecten beschreven. Vervolgens worden technische voorbeelden gegeven en een aantal goede praktijken meegegeven. Deze voorbeelden tonen duidelijk aan dat de sector in volle evolutie is. Per thema wordt er ook een blik geworpen op de toekomstige ontwikkelingen en op de uitdagingen en economische opportuniteiten die gepaard gaan met het in de praktijk brengen van circulair bouwen.



# Woordenlijst

<b><i>Aanpasbaarheid</i></b>	Vermogen van een gebouw om zich daadwerkelijk aan te passen aan de evolutie van de vragen en de eisen, zodanig dat de waarde ervan over zijn volledige levensduur toeneemt (bron: BBSM-project) [86].
<b><i>Afvalstof</i></b>	Elke stof of elk voorwerp waarvan de houder zich ontdoet, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen (bron: EU Waste Framework Directive) [25].
<b><i>Selectieve sloop, selectieve ontmanteling</i></b>	Zorgvuldige extractie van bouwelementen teneinde te komen tot een homogene materiaalstroom met het oog op hun recyclage of het hergebruik van bepaalde elementen (bron: BBSM-project) [86].
<b><i>Downcycling</i></b>	Recyclage van een materie waarbij er rekening gehouden wordt met prestatie-, kwaliteits- en waarde-eisen die lager zijn dan de originele (bron: BBSM-project) [86].
<b><i>Materiaalpaspoort</i></b>	Document waarin alle onderdelen van een product of een constructie vermeld staan. Het gaat hier om een geheel van gegevens die de karakteristieken van de materialen waaruit de producten opgebouwd zijn beschrijven en die er een waarde aan toekennen voor de recuperatie, de recyclage en het hergebruik (bron: Wikipedia, op basis van EPEA en het BAMB-project).
<b><i>Recyclage, recycling</i></b>	Elke nuttige toepassing waardoor afvalstoffen opnieuw worden bewerkt tot producten, materialen of stoffen, voor het oorspronkelijke doel of voor een ander doel (bron: EU Waste Framework Directive) [25].
<b><i>Hergebruik</i></b>	Elke handeling waarbij producten of componenten die geen afvalstoffen zijn, opnieuw gebruikt worden voor hetzelfde doel als dat waarvoor zij waren bedoeld (bron: EU Waste Framework Directive) [25].
<b><i>Remanufacturing</i></b>	Hervervaardiging van een product volgens de oorspronkelijke productspecificaties, waarbij er zowel gebruikgemaakt wordt van gerecycleerde, herstelde als nieuwe stukken (bron: Johnson, 2014).
<b><i>Functionele laag</i></b>	Functioneel en fysiek onafhankelijk element uit het ontwerp van het gebouw. Een laag is opgebouwd uit verschillende materialen en elementen die gebruikt en samengesteld worden om een specifieke functie te vervullen (structuur, gebouwschil, diensten, ruimtelijke indeling ...). De verschillende samenstellende lagen van een gebouw hebben een verschillende verwachte levensduur (bron: Brand).
<b><i>Upcycling</i></b>	Recyclage van een materie waarbij er rekening gehouden wordt met prestatie-, kwaliteits- en waarde-eisen die gelijk zijn aan of hoger zijn dan



	de originele (bron: BBSM-project) [86].
<i>Urban mining</i>	Proces waarbij er onderdelen en elementen uit alle mogelijke antropogene voorraden gerecupereerd worden: gebouwen, infrastructuren, industrieën, producten (in gebruik of aan het einde van hun levenscyclus) ... Deze materialen kunnen een belangrijke voorraad aan grondstoffen vertegenwoordigen die qua concentratie vaak vergelijkbaar of zelfs groter kunnen zijn dan de natuurlijke voorraden (bron: Mining, 2015).



# 1. Inleiding

De bouwsector werkt nog grotendeels volgens een **economisch model** waarbij de natuurlijke grondstoffen ontgonnen worden met het oog op de productie van materialen die op het einde van hun levensduur niet op optimale wijze gevaloriseerd zullen worden. Dit lineaire model gaat ervan uit dat de grondstofvoorraden oneindig zijn en dat het restafval zonder beperkingen gestort of verbrand kan blijven worden. Een dergelijk concept is uiteraard niet duurzaam, rekening houdend met de economische groei van de sector en de toekomstige generaties.

Een overgang van een lineair economisch model naar een circulair model is dus een opportuniteit voor de bouwsector. De circulaire economie kan beschouwd worden als een alternatief model dat erop gericht is om de grondstoffen zo lang mogelijk te blijven gebruiken en er tijdens het gebruik zoveel mogelijk waarde uit te halen. Vervolgens worden de producten en materialen op het einde van hun levenscyclus gerecupereerd en opnieuw ingezet.

Door de opkomst van dit nieuwe economische concept in de bouw beschikken de bouwprofessionelen over een enorm innovatiepotentieel. Om meer klaarheid te scheppen in deze materie wordt er in dit document dieper ingegaan op de belangrijkste principes en aspecten die in aanmerking genomen moeten worden om de sector te begeleiden bij de overgang naar meer circulariteit.

Het **tweede hoofdstuk** van dit document geeft aan waarom het voor de bouwsector nodig is om over te gaan naar een duurzamer sociaal, milieu- en economisch systeem. Deze overgang zal gepaard gaan met het invoeren van een circulair economisch model waarvan er in dit hoofdstuk een definitie gegeven wordt.

Het **derde hoofdstuk** gaat dieper in op de essentiële principes die men onder de knie dient te krijgen opdat het ontwerp en de constructie van gebouwen in overeenstemming zouden zijn met een circulair economisch model:

- aanpasbaarheid
- opbouw in lagen
- materiaalkeuze
- verbindingen van materialen
- en omgaan met afvalstoffen/grondstoffen op de bouwplaats.

Het **vierde hoofdstuk** gaat over de manier waarop bestaande gebouwen geëxploiteerd en gevaloriseerd kunnen worden dankzij de principes van **urban mining**:

- een afvalstoffen- of sloopinventaris
- selectieve sloop
- *remanufacturing*
- hergebruik
- recycling.





In het [vijfde hoofdstuk](#) worden er een aantal [circulaire business modellen](#) voorgesteld waarbij er gestreefd wordt naar het creëren van waarde in een circulair model voor de bouw: efficiënter gebruik van de grondstoffen, leveren van een dienst in plaats van een product en waardecreatie op basis van afvalstoffen.

Dit document is gebaseerd op de WTCB-expertise in een domein dat in volle evolutie is. Het gaat dus om een momentopname die het WTCB ter beschikking stelt van de sector.

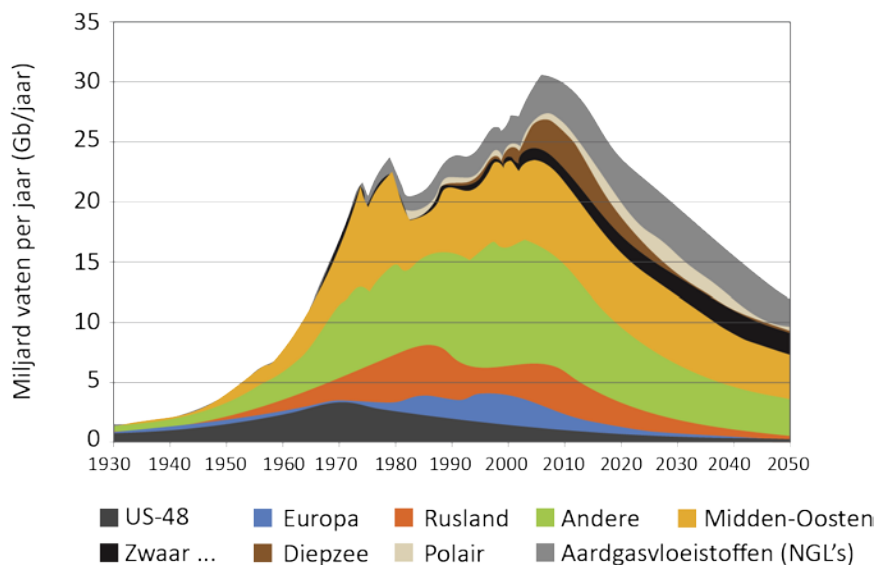


## 2. Systemische overgang

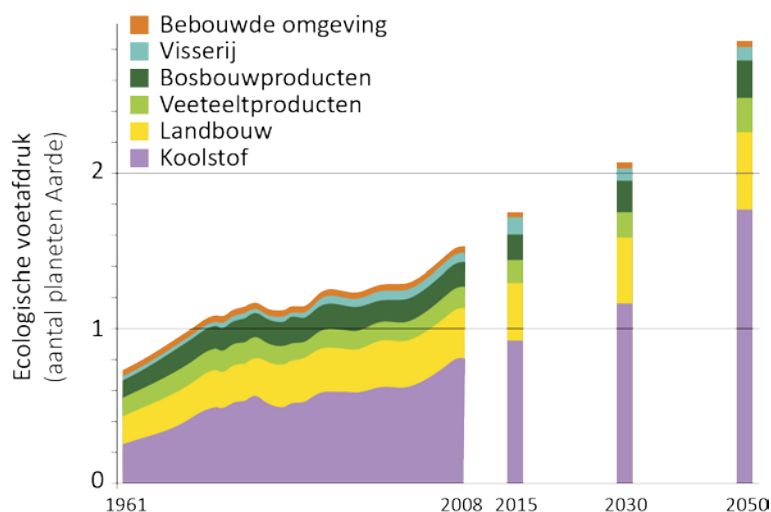
### 2.1 Karakteristieken van het huidige socio-economische systeem

#### 2.1.1 Problematiek van de globalisering

Het economische model van het industriële tijdperk gaat ervan uit dat de natuurlijke grondstoffen vrijwel onuitputtelijk zijn. Intussen is echter gebleken dat deze grondstoffen niet alleen eindig zijn, maar vooral ook dat het verbruik ervan voortdurend stijgt, waardoor de reserves uitgeput raken en de capaciteit van de aarde om de voorraad grondstoffen te hernieuwen, overschreden wordt.



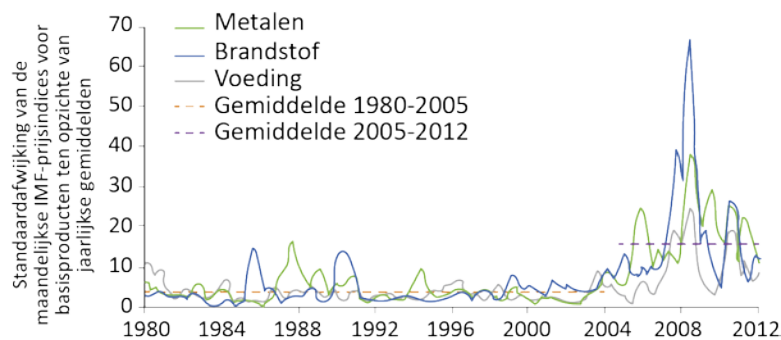
Afb. 1 Evolutie en prognose van de wereldproductie van aardolie en aardgas (bron: aangepast op basis van The Association for the Study of Peak Oil and Gas) [15].



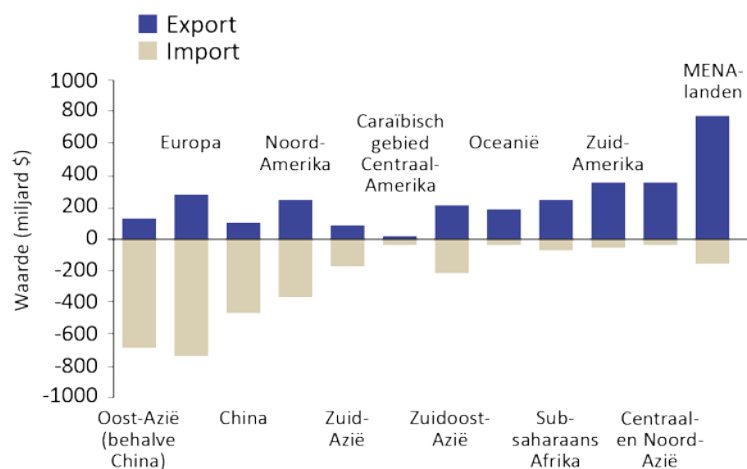
Afb. 2 Evolutie en prognose van de wereldwijde ecologische voetafdruk (bron: aangepast op basis van WWF, 2012) [31].



Naar aanleiding van de aangroei van de wereldbevolking enerzijds en de groei van de middenklasse en haar koopkracht anderzijds, zal dit verbruik van grondstoffen bovendien een gegeven blijven. Door de stijgende vraag naar grondstoffen, het feit dat ze zeldzamer worden en de ontwikkeling van nieuwe geglobaliseerde markten, worden de grondstofprijzen bovendien uiterst volatiel. De winning van grondstoffen zal daarenboven duurder worden, de kwaliteit ervan zal afnemen en de milieu-impact zal groter worden, met alle gevolgen van dien voor de volatiliteit van de prijzen. Gelet op de globalisering van de markten verschuift de ontginning van de natuurlijke grondstoffen ten slotte steeds meer naar Azië en het Midden-Oosten, terwijl ze hoofdzakelijk verbruikt worden in het Westen. Dit zorgt ervoor dat de Europese economie sterk afhankelijk is van grondstoffeninvoer.



Afb. 3 Volatiliteit van de prijs voor energie, metalen en ertsen (bron: aangepast op basis van Chatham House calculations based on IMF commodity price data) [41].



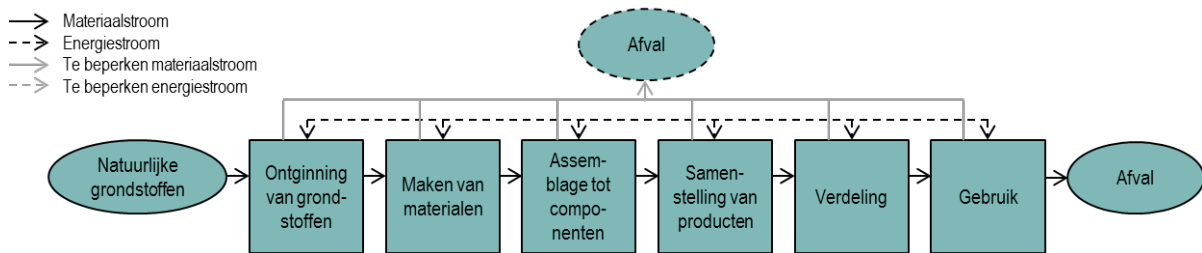
Afb. 4 Mondiale import en export per regio (bron: aangepast op basis van Chatham House Resource Trade Database) [41].

### 2.1.2 Lineair economisch model

Sinds het begin van de industrialisatie steunt onze economie op een lineair model dat erin bestaat om grondstoffen uit de bodem te halen (of te oogsten) en op basis hiervan materialen te maken die vervolgens tot componenten geassembleerd worden, die op hun beurt samengesteld worden tot producten. Deze producten worden daarna verkocht via een verdeelnet en gebruikt door een consument, die zich er uiteindelijk weer van ontdoet op het einde van hun levenscyclus. Onze huidige, zogeheten lineaire economie steunt dus op het model ‘Ontginning – Productie – Consumptie – Eliminatie’.



Dit economische model gaat in elke fase van de waardeketen gepaard met een zeker energie- en grondstoffengebruik en met afvalproductie.



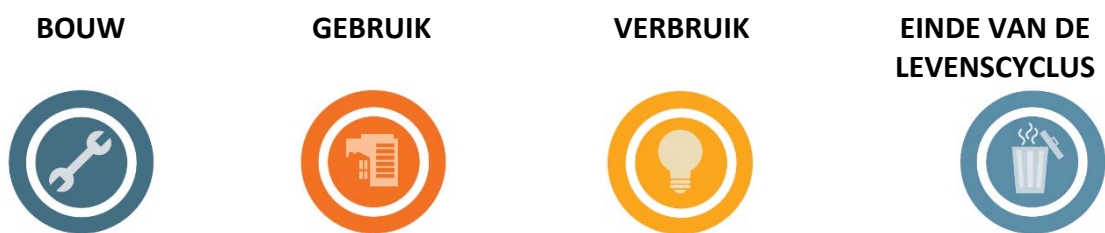
Afb. 5 Lineair economisch model (bron: aangepast op basis van Le Moigne, 2014) [42].

## 2.2 Uitdagingen voor de bouwsector

Gelet op de hiervoor aangehaalde uitdagingen op het vlak van het grondstoffenbeheer heeft de bouwsector een belangrijke rol te spelen en dit, zowel in zijn hoedanigheid van grondstoffengebruiker als van afvalproducent.

Volgens cijfers van de Europese Commissie wordt in de Europese Unie ongeveer de helft van alle gewonnen materialen en ongeveer één derde van het waterverbruik opgeslorpt door het bouwen en uitbaten van gebouwen. Hoewel er de laatste decennia een enorme vooruitgang geboekt is met het energie-efficiënter maken van gebouwen, blijft de bouwsector veel energie verslinden: gebouwen zijn goed voor 40 % van de energievraag in Europa en vertegenwoordigen 36 % van de CO<sub>2</sub>-uitstoot.

De sector produceert ook ongeveer één derde van al het afval en is geassocieerd met de milieu-impact die optreedt tijdens de verschillende levenscyclusfasen van een gebouw, met inbegrip van de fabricage van de bouwproducten, het optrekken, het gebruik en de renovatie van gebouwen en het beheer van het bouwafval.



**BOUW**  
 10 à 15 % van de materialen wordt tijdens de bouw weggeworpen als afval.

0 à 0,5 % toename van de productiviteit per jaar in Europa tussen 1990 en 2015.

**GEBRUIK**  
 60 % van de Europese kantoren wordt niet gebruikt, zelfs niet tijdens de werkuren.

50 % van de bewoners verklaart dat ze over te veel ruimte beschikken.

**VERBRUIK**  
 20 à 40 % van de energie in bestaande gebouwen zou gespaard kunnen worden.

De passiefstandaard is niet rendabel voor alle gebouwen, maar slechts voor een minderheid ervan.

**EINDE VAN DE LEVENSCYCLUS**  
 54 % van het sloopafval wordt naar een stortplaats gebracht, terwijl dit percentage in bepaalde landen teruggebracht werd tot amper 6 %.

De meeste materialen kunnen niet hergebruikt worden, omdat ze giftige stoffen bevatten.

Afb. 6 Afvalproductie tijdens de verschillende levensfasen van een gebouw (bron: aangepast op basis van Ellen Mc Arthur Foundation en Mc Kinsey, 2015) [47].





Toch is België een goede leerling, met meer dan 90 massapercent recyclage van het bouw- en sloopafval, onder andere dankzij de recyclage van de steenachtige fractie.

De bouwsector biedt dus heel wat mogelijkheden om energiezuiniger te worden, minder grondstoffen te verbruiken en minder afval te produceren. Sommige tendensen ontwikkelen zich snel en hebben nu reeds een impact op verschillende markten: het delen van woonruimten, het virtualiseren en delen van kantoren, het decentraal opwekken en verbruiken van hernieuwbare energieën ... Andere ontwikkelingen zijn niet nieuw, maar vinden trager ingang, zoals modulariteit en duurzaamheid of slimme stadsplanning. Nog andere evoluties ontluiken nu pas, maar houden grote beloften in.

## 2.3 Europees en regionaal beleid inzake circulaire economie

In 2008 werd de Europese richtlijn 'Waste Framework Directive' [25] gepubliceerd die tot doel had om het afvalbeheer te omkaderen. Deze richtlijn bepaalt de hiërarchie van de manieren om afval te verwerken (die ook bekendstaat als de ladder van *Lansink*) als volgt: preventie → hergebruik → recyclage → verbranding → storten. Men kan stellen dat deze richtlijn de aanzet gegeven heeft voor de circulaire economie, door het storten van afval zoveel mogelijk tegen te gaan en de andere valoriseringsmethoden te bevorderen.

Vervolgens keurde de Europese Commissie in 2015 het 'Circular Economy Package' [80] goed, dat tot doel had om de Europese bedrijven en consumenten te helpen bij hun overgang naar een sterkere en meer circulaire economie, waarin de natuurlijke rijkdommen op een duurzamere manier gebruikt worden. De voorgestelde acties moeten ertoe bijdragen om de kringloop van producten te sluiten, door ze beter te recyclen en te hergebruiken en dit, op een manier die tegelijkertijd voordelig is voor het milieu en de economie. De genomen maatregelen zijn erop gericht om maximale waarde uit grondstoffen, producten en afval te halen, waarbij voorrang gegeven wordt aan energiebesparingen en een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen. De voorstellen hebben betrekking op de volledige levenscyclus van de producten: van de productie en consumptie ervan, tot het afvalbeheer en de markt van de secundaire grondstoffen. De Europese Unie wil zodoende de stap zetten van afvalbeheer naar het beheer van de natuurlijke rijkdommen.

Het actieplan van de Europese Commissie bevat de volgende maatregelen voor de bouwsector:

- het uitwerken van richtlijnen voor de analyse van gebouwen voorafgaand aan hun sloop
- de invoering van een vrijwillige protocol voor de bouwsector om de recyclage van bouw- en sloopafval aan te moedigen
- de ontwikkeling van kernindicatoren om de milieuprestaties van gebouwen tijdens hun volledige levenscyclus te beoordelen en het aanreiken van stimuli voor het gebruik ervan.

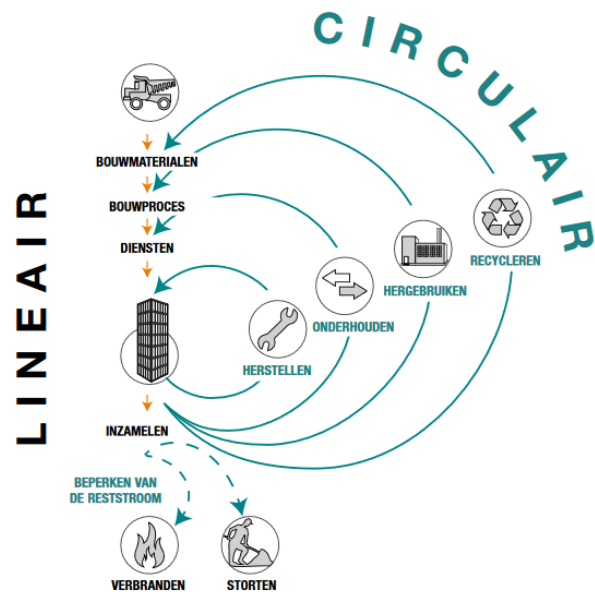
De algemene ambities van de Europese Commissie inzake circulaire economie sijpelen sinds december 2015 stilaan overal door. Er zijn echter bepaalde regio's en landen die reeds het voortouw genomen hebben door het opstellen van strategische ontwikkelingsprogramma's.



Dit is onder meer het geval in Vlaanderen met het [Vlaams materialenprogramma](#) <sup>(1)</sup> en [Visie 2050](#) <sup>(2)</sup>, in Wallonië met het [Plan Marshall 4.0](#) <sup>(3)</sup> en in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest met het [Gewestelijk Programma voor Circulaire Economie \(GPCE\)](#) <sup>(4)</sup>.

## 2.4 Circulair economisch model voor de bouw

Circulaire economie is een economisch en industrieel systeem dat erop gericht is om de vervaardigde producten, alsook de onderdelen en materialen ervan zo lang mogelijk in circulatie te houden binnen het systeem en tegelijk te waken over de kwaliteit van het gebruik ervan. Dit concept berust dus op het gebruik van grondstoffen en producten in een kringloop, door het behoud van de bestaande producten aan te moedigen (door een regelmatig en aangepast onderhoud, waardoor hun levensduur toeneemt), door de producten te hergebruiken, te herstellen en op te frissen, door de onderdelen te hervervaardigen en te recupereren, door te recyclen en door de energetische valorisatie van de materialen ...



Afb. 7 Principe van de circulaire economie in de waardeketen van de bouw (bron: aangepast op basis van World Economic Forum, 2016) [64].

Dit economische model gaat in elke fase van de waardeketen gepaard met een zeker energie- en grondstoffengebruik en met een zekere afvalproductie, maar deze hoeveelheden zullen des te kleiner zijn naarmate men erin slaagt om het gebruik van het product en de materialen waaruit het bestaat te behouden. Hoe korter de kringloop voor het (her)gebruik van de grondstoffen en de producten (zie afbeelding 7), hoe beter het oorspronkelijk aangewende materiaal behouden blijft en hoe minder energie en nieuwe materialen er vereist zijn voor de valorisatie.

Bij de circulaire economie gaat het dus niet alleen om het nuttige gebruik van grondstoffen, componenten en producten die hun levenseinde bereikt hebben, maar ook om de manier waarop deze elementen ontworpen, vervaardigd en toegepast worden met het oog op hun gemakkelijke (her)gebruik en het ontzien van het milieu.

<sup>(1)</sup> OVAM, <https://www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/stand-van-zaken-vlaams-materialenprogramma-clusters-en-randvoorwaarden>

<sup>(2)</sup> Vlaanderen, <http://www.vlaanderen.be/nl/vlaamse-regering/visie-2050>

<sup>(3)</sup> Wallonië, Plan Marshall 4.0, <http://planmarshall.wallonie.be/mesures/inscrivez-vous-dans-l%C3%A9conomie-circulaire-et-de-la-fonctionnalit%C3%A9>

<sup>(4)</sup> Leefmilieu Brussel, [http://document.environnement.brussels/opac\\_css/elecfile/PROG\\_160308\\_PREC\\_DEF\\_NL](http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/PROG_160308_PREC_DEF_NL)

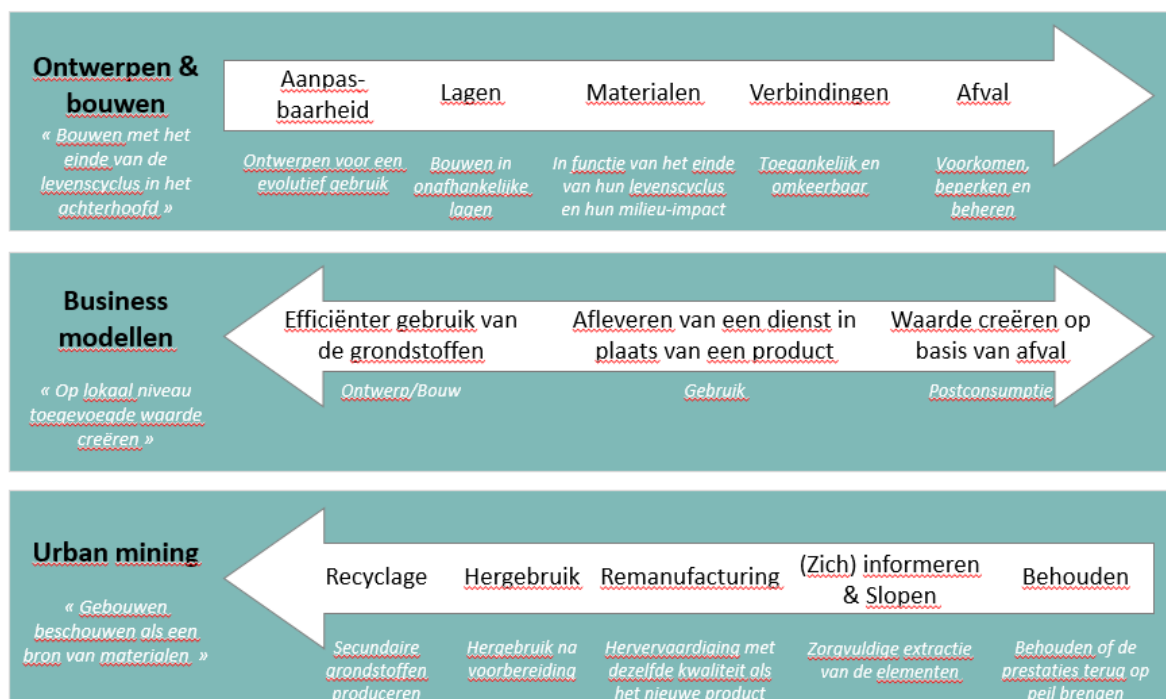


De circulaire economie is dus een nieuw economisch model dat zowel steunt op technische en technologische ontwikkelingen als op de interactie tussen de plaatselijke economische actoren. De technische en technologische ontwikkelingen richten zich op de manier waarop de producten, componenten en materialen geproduceerd, ontworpen en gebruikt worden. De interacties tussen de inter- en intrasectorale actoren zijn op hun beurt nodig om een lokale economische aanpak te stimuleren en technische en technologische ontwikkelingen te doen ontstaan die verband houden met de circulaire economie. Deze interacties moeten de vorm van nieuwe business modellen aannemen, die lokaal banen scheppen en tegelijkertijd toegevoegde waarde opleveren voor de actoren.

De weg van de circulaire economie inslaan kan tal van voordelen met zich meebrengen, zoals een vermindering van de milieu-impact en een grotere zekerheid met betrekking tot de (lokale) beschikbaarheid van grondstoffen. Deze aanpak kan bovendien gepaard gaan met innovatieve oplossingen en een grotere lokale werkgelegenheid.

De principes van de circulaire economie in de bouw berusten op drie belangrijke pijlers die zowel mogelijkheden als uitdagingen bieden voor de professionelen uit de sector:

- het ontwerpen en optrekken van gebouwen waarbij het mogelijk is om de materialen op het einde van de levensduur te recupereren
- het ontwikkelen van technische oplossingen voor de ontginning van de beschikbare grondstoffen uit de bestaande gebouwen en de valorisatie ervan (*urban mining*)
- het uitdenken van nieuwe business modellen met het oog op het creëren van waarde gedurende de volledige levensduur van de gebouwen en de materialen.



Afb. 8 De drie belangrijkste pijlers van de circulaire economie in de bouw (bron: WTCB).

Van zodra men start met het optrekken van een nieuw gebouw, dient men na te denken over wat er zowel tijdens de gebruiksfase als op het einde van de levenscyclus mee zal gebeuren en dit, om de levensduur van het gebouw en zijn componenten te verlengen en de



materialen aan het einde van hun levenscyclus te kunnen recupereren. Deze doelstellingen berusten op de hieronder aangehaalde principes:

- de gebouwen moeten zo ontworpen worden dat ze **aangepast** kunnen worden aan andere gebruiken of functies en aan een wijziging van de behoeften van de gebruikers
- de elementen die deel uitmaken van de diverse lagen van het gebouw hebben een verschillende levensduur. Door te bouwen in **onafhankelijke lagen** zal men bepaalde onderdelen kunnen vervangen zonder andere te beschadigen
- men dient de voorkeur te geven aan **materialen met een lage milieu-impact, bijvoorbeeld met gerecycleerde grondstoffen** of die op het einde van hun levensduur zelf gerecycleerd of hergebruikt kunnen worden
- men dient gebruik te maken van **toegankelijke en omkeerbare verbindingen**, zodanig dat de samengevoegde onderdelen en materialen gerecupereerd kunnen worden zonder ze te beschadigen
- **werfafval** moet in de mate van het mogelijke vermeden, beperkt en goed beheerd worden.

De circulaire economie beschouwt bestaande gebouwen als een 'mijn van materialen' en afval als een grondstof. Door materialen uit de bestaande gebouwen te recupereren, kan men onder meer de ontginning van natuurlijke grondstoffen vermijden. Door gebruik te maken van een sloopinventaris kan men informatie verzamelen over de gebruikte bouwelementen en -materialen en kan men het valorisatiepotentieel ervan beoordelen. Vervolgens kan men overwegen om over te gaan tot een selectieve ontmanteling en dit, enerzijds om homogene afvalstromen te creëren die gemakkelijker – en bij voorkeur in een gesloten kringloop – gerecycleerd kunnen worden, en anderzijds met het oog op het hergebruik van de elementen (d.w.z. het proces waarbij de producten opnieuw gebruikt worden voor hetzelfde doel als datgene waarvoor ze ontworpen werden).

Er ontstaan ook nieuwe business modellen binnen de circulaire economie die toelaten om waarde te creëren op een alternatieve wijze (dus niet door het optrekken van een gebouw of de verkoop van een product). De huidige tendens bestaat er immers in om **de functie of het gebruik van een goed te verkopen** in plaats van het product zelf. In dit geval blijft de producent eigenaar van het goed en betaalt de gebruiker louter voor het gebruik ervan. Andere materiaalproducenten stellen alsmaar vaker inzamelsystemen voor het afval van hun producten ter beschikking op de bouwplaats. Zodoende verkrijgen ze secundaire grondstoffen en kan de levensduur ervan verlengen.





# 3. Circulair ontwerpen en bouwen

*'Begin with the end in mind'*

Stephen Covey (The 7 Habits of Highly Effective People, Fireside, 1989)

Gebouwen zijn complexe assemblages van materialen. Vandaag de dag worden ze veelal ontworpen en gebouwd zonder dat er nagedacht wordt over de manier waarop ze aangepast, heringericht of afgebroken kunnen worden aan het einde van hun leven. Bijgevolg leidt elke wijziging die in de loop van de levensduur van een bouwwerk of tijdens de afbraak ervan doorgevoerd wordt tot een grote hoeveelheid afval. Het grootste deel van dit afval wordt gebruikt in nieuwe toepassingen van lagere waarde (*downcycling*) in plaats van hergebruikt of terug in dezelfde kringloop gebracht te worden. Hierbij wordt dan nog abstractie gemaakt van de gebouwen die afgebroken worden vooraleer ze (of hun componenten) verouderd zijn (d.w.z. dat ze technisch of qua veiligheid niet langer in staat zouden zijn om de functie te vervullen waarvoor ze gebouwd werden).

Er kunnen talrijke redenen aangehaald worden waarom een gebouw in onbruik kan geraken en dus gesloopt moet worden of een grondige renovatie moet ondergaan. Denken we hierbij maar even aan de marktvrage, wijzigende of nieuwe regelgeving, de prestatie-eisen, de evolutie van de technologieën, de architecturale kwaliteit of fysieke degradatie. Uit verschillende onderzoeken is gebleken dat de architecturale kwaliteit en de karakteristieken van een gebouw vaker aan de grondslag liggen van een waardevermindering dan de leeftijd ervan. De architecturale kwaliteit kan een belangrijke reden zijn om de vastgoedwaarde van een goed te bewaren. Een lage kwaliteit zou de aanpassingskosten daarentegen sterk kunnen verhogen, wat het gebouw interessanter maakt voor afbraak of renovatie.

Gebouwen ontwerpen met het oog op een grotere flexibiliteit en aanpasbaarheid zou de waarde ervan op langere termijn kunnen waarborgen. Op deze manier wordt immers vermeden dat ze functioneel voorbijgestreefd raken. Omgekeerd is het ook denkbaar dat een gebouw bewust voor een korte levensduur ontworpen wordt. In voorkomend geval moet het zodanig uit elkaar gehaald kunnen worden dat de elementen ervan opnieuw verwerkt kunnen worden in nieuwe constructies.

Het ontwerpen van gebouwen die gemakkelijk opnieuw ingericht, opgefrist of gedemonteerd kunnen worden, zorgt ervoor dat de vraag naar grondstoffen en de afvalproductie dalen. Dit vereist echter ook dat er vanaf de ontwerpfase nagedacht wordt over wat ermee moet gebeuren aan het einde van hun levensloop.

Verschillende van de in dit hoofdstuk besproken ontwerp- en bouwprincipes kunnen bij het optrekken van nieuwe gebouwen of het vernieuwen van bestaande gebouwen toegepast worden om de hoeveelheid afval te verminderen, de levensduur van het bouwwerk te doen toenemen en de recuperatie van materialen aan het einde van de levensloop te vergemakkelijken.



## 3.1 Principes van het circulair ontwerpen en bouwen

### 3.1.1 De aanpasbaarheid in de tijd waarborgen

#### 3.1.1.1 Beschrijving

Een gebouw is aanpasbaar wanneer het gemakkelijk gewijzigd kan worden qua concept, bouw, gebruik en onderhoud, zodanig dat het beantwoordt aan nieuwe behoeften en wensen van de gebruikers en tegelijkertijd de mogelijkheid biedt om de componenten en de materialen aan het einde van de levenscyclus te hergebruiken.

Het spreekt voor zich dat de eisen die aan een gebouw gesteld worden over een periode van 50 of zelfs 100 jaar kunnen veranderen. In een woongebouw zullen de bewoners bijvoorbeeld ouder worden of kan de gezinssamenstelling veranderen, wat een aantal specifieke aanpassingen aan de ruimten en toegangen vergt. Bij niet-residentiële gebouwen zou het om een wijziging van de functie van het gebouw kunnen gaan. De hierna besproken principes zijn bijgevolg niet systematisch toepasbaar op alle bouwtypes, maar zijn afhankelijk van de aanpassingsscenario's die vanaf de ontwerpfase voorzien werden (veroudering, functiewijziging ...).

Om te kunnen komen tot een zo breed mogelijk aanpasbaarheidspotentieel moet er bij het ontwerp en de uitvoering van de componenten of de bouwlagen rekening gehouden worden met de volgende aandachtspunten:

- *funderingen:*
  - de funderingen moeten zodanig ontworpen worden dat er een verticale uitbreiding van het gebouw mogelijk is
  - er moeten constructievoegen voorzien worden om de differentiële zettingen ten gevolge van een gebeurlijke overbelasting op te vangen
- *structuur:*
  - men dient de voorkeur te geven aan een flexibele structuur (bijvoorbeeld met balken en kolommen), waarbij de binnen- of buitenelementen vervangen kunnen worden zonder de structurele integriteit van het gebouw aan te tasten
  - bij het ontwerp dient men een dragende centrale kern te voorzien. Zodoende zijn er lokale wijzigingen aan de structuur mogelijk, terwijl de structurele integriteit gevrijwaard blijft
  - de onderste drie verdiepingen moeten ontworpen worden voor een hoge nuttige last. Door deze hogere capaciteit kan het gebouw gemakkelijk het hoofd bieden aan alle mogelijke transformaties zonder grote structurele wijzigingen te hoeven ondergaan
  - men dient op alle verdiepingen een toereikende hoogte te voorzien, zodanig dat het gebruik gediversifieerd kan worden
  - men dient te opteren voor een vloersysteem dat verschillende technische installaties kan herbergen
- *gebouwschil:*
  - men dient de gebouwschil onafhankelijk te maken van de structuur (vrij grondplan)
  - er moeten zowel langs de buiten- als de binnenzijde van het gebouw toegangsmogelijkheden tot de componenten van de gebouwschil voorzien worden



- men dient een polyvalente gebouwschil te ontwerpen die aangepast kan worden aan de gebeurlijke wijzigingen van de ruimte-indeling (bv. modulaire gevelelementen met doorzichtige en ondoorzichtige elementen die omgewisseld kunnen worden)
- *HVAC-systemen*: indien mogelijk, dient men de voorkeur te geven aan een hybride HVAC-systeem <sup>(5)</sup> met een evenwicht tussen de centrale en de decentrale elementen dat gemakkelijk geüpgraded kan worden
- *binnenruimten*:
  - de ruimten moeten zo ontwerpen worden, dat ze eenvoudig aangepast kunnen worden
  - men dient te voorzien in multifunctionele ruimten
  - de ruimte-indeling moet ontworpen worden met demonteerbare, herbruikbare en recycleerbare elementen
  - men dient in ruimtelijke afmetingen (oppervlakte en hoogte) te voorzien die groter zijn dan de minimale vereisten
  - men dient de ruimte te ontwerpen volgens een vrij grondplan.

### 3.1.1.2 Voorbeelden en goede praktijken

#### VAN VOLXEM – Art & Build (Brussel – niet gebouwd)

##### Concept

De flexibiliteit van de inrichtingen integreren vanaf het ontwerp van het project om het gebouw de capaciteit te geven om later van functie te veranderen. Het gebouw is oorspronkelijk bestemd voor kantoren, maar zodanig ontworpen dat het later aangepast kan worden tot een woongebouw.

##### Ontwerp

Om de oorspronkelijke idee te kunnen uitvoeren, hebben de architecten en het studie bureau bijzondere aandacht besteed aan de volgende punten:

- het voorzien van voorlopige steunpunten voor de eventuele aanbouw van terrassen (afbeelding 9 A en B)
- sanitair en dienstlokalen in geval van een omvorming tot een woongebouw (afbeelding 9 A)
- een mogelijke drukopvangzone in de kern van het gebouw (afbeelding 9 B)
- een grote hoogte onder het plafond (3,3 m)
- een aanzienlijke verhoogde vloer voor het herbergen van de speciale technieken
- ramen tot op de vloer die toegang bieden tot de toekomstige terrassen
- een verwarmingssysteem dat compatibel is met scheidingswanden voor kantoren of woningen (afbeelding 9 D).

##### Opmerkingen

Een dergelijk project vergt een hogere initiële investering dan een traditioneel kantoorgebouw. Verder bestaat het risico in dat het gebouw nooit of slechts gedeeltelijk

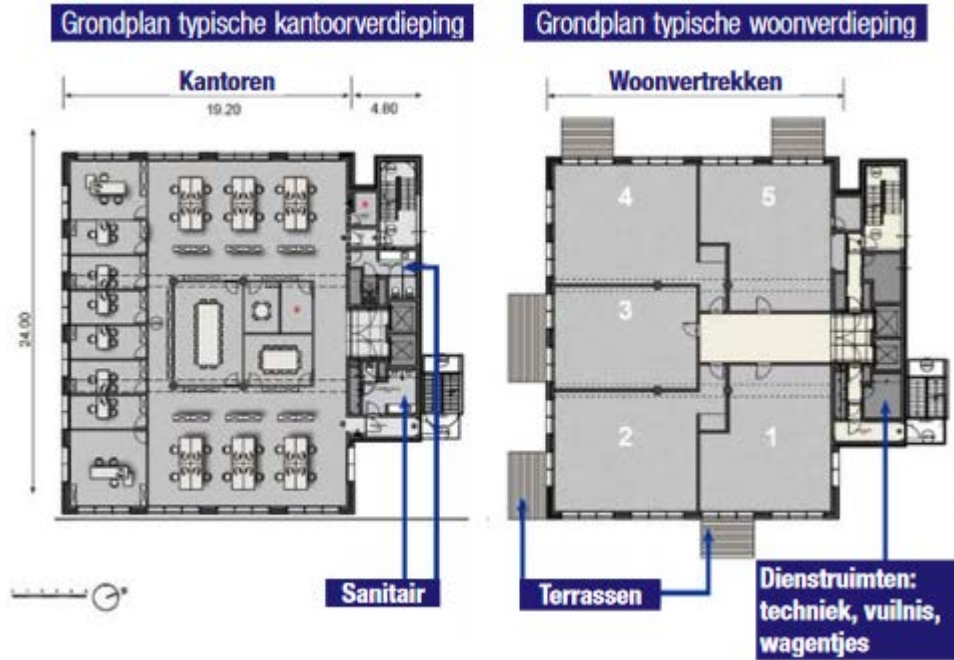
---

<sup>(5)</sup> Een gecentraliseerd systeem kan bepaalde types aanpassingen zoals een upgrade en een wijziging van de brandstof vergemakkelijken. Een gedecentraliseerd systeem kan bevorderlijk zijn voor wijzigingen van het aanvankelijke gebruik van het gebouw of in het geval van een uitbreiding van het gebouw.

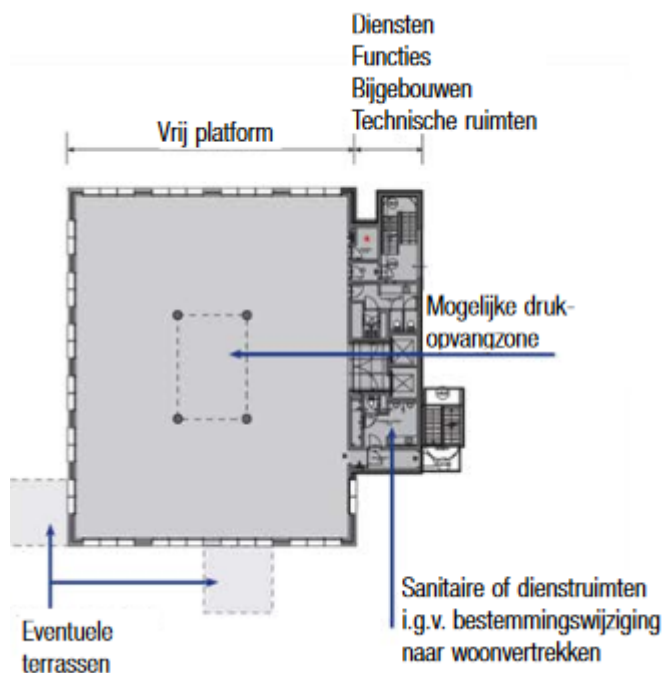


voor andere toepassingen aangepast zal worden. Men kan zich tevens de vraag stellen of alle vereiste informatie nog beschikbaar zal zijn bij de uiteindelijke aanpassing van het gebouw.

A



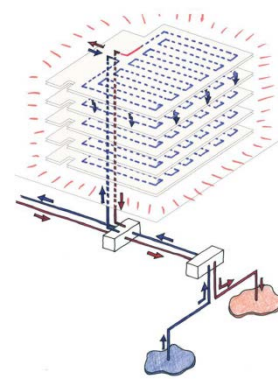
B



C



D



Afb. 9 Ontwerpen met het oog op aanpasbaarheid  
(bron: Art & Build, Leefmilieu Brussel, Opleiding Duurzaam bouwen) [93].

## ZIEKENHUIS MARTINI – SEED Architects (Groningen, Nederland – 2008)

### Concept

Een volledig modulair, flexibel en demonteerbaar hospitaalgebouw ontwerpen dat omgevormd kan worden tot een kantoor- of woongebouw en omgekeerd.

### Ontwerp/Uitvoering

Het ontwerp van het gebouw omvat de standaardisering van het skelet en dit, op basis van uniforme bouwblokken. De gevelpanelen, de wanden en de meeste systemen zijn volledig geprefabriceerd. Langs de buitenzijde van het gebouw kunnen er uitbreidingen van 2,4 bij 7,2 m toegevoegd worden om het oppervlak met 10 % te vergroten (afbeelding 10 A, B en C). De scheidingswanden tussen de ruimten zijn volledig demonteerbaar. Ze zijn geconfigureerd volgens een module van 30 cm en laten toe om de ruimten te herconfigureren of aan te passen aan een ander gebruik. Bij de uitvoering van de verlaagde plafonds en vloerbedekkingen werd rekening gehouden met het feit dat ze compatibel moesten zijn met de latere aanpassingen.

De technische leidingen en elektrische kabels kunnen ingewerkt worden in de muren, om later elke vereiste combinatie of opstelling mogelijk te maken (afbeelding 10 D). Er werd veel aandacht besteed aan de kleuren. Alle muren hebben een verschillende kleur zodanig dat er in de verschillende ruimten een andere sfeer opgeroepen kan worden (afbeelding 10 E).

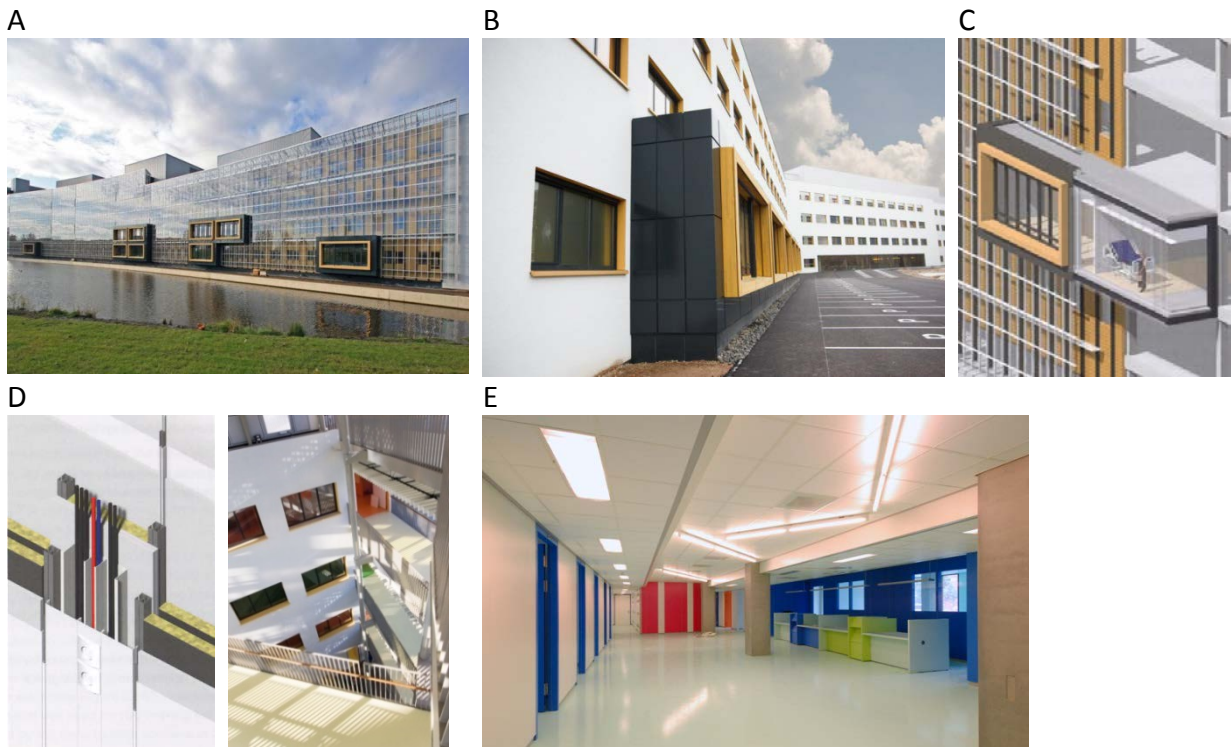
Al het meubilair is modulair en verwisselbaar. Aangezien de in de basismodules verwerkte technische elementen wegneembaar zijn, kan er een functiewijziging doorgevoerd worden zonder wat dan ook stuk te maken.

### Opmerkingen

Aan dergelijke herinrichtingen hangt een redelijk hoog prijskaartje vast en tijdens de werken ondervinden de gebruikers van het gebouw redelijk veel last. Het zou dus interessant zijn om de frequentie van de herinrichtingen te kennen en om te weten te komen wat de redenen zijn voor de uitvoering van dergelijke uitbreidingen gedurende de levensduur van het gebouw.







Afb. 10 Modulair, flexibel en demonteerbaar hospitaalgebouw (bron: SEED Architects) [151].

### 3.1.2 Lagen van elkaar scheiden

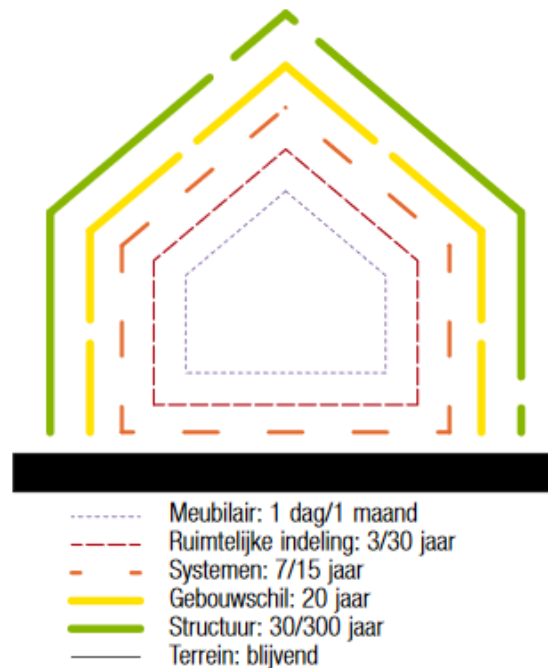
#### 3.1.2.1 Beschrijving

Het bijeenvoegen van bouwelementen in fysiek van elkaar gescheiden functionele lagen is een essentieel ontwerpcriterium voor een dynamisch gebouw. Door deze manier van werken kunnen de verschillende componenten gedurende de levenscyclus van het gebouw immers uitgewisseld worden zonder het geheel te moeten wijzigen. Een dergelijke opbouw zorgt ervoor dat de prestaties van elke functionele laag compatibel zijn met de evolutie van de behoeften tijdens de levenscyclus van het gebouw.

Deze functionele lagen kunnen een sterk verschillende technische levensduur vertonen, gaande van enkele maanden tot een tiental jaren. Gebouwen die opgetrokken zijn uit duurzame materialen zoals natuur- of baksteen kunnen wel honderden jaren standhouden. Nieuw geïnstalleerde componenten kunnen daarentegen snel verouderd raken wanneer ze niet langer aan de verwachtingen van de nieuwe bewoners beantwoorden. Het is dus essentieel om er bij het ontwerp van het gebouw voor te zorgen dat de elementen met een redelijk lange verwachte levensduur goed gescheiden zijn van elementen waarvan de verwachte levensduur korter is. Zo leidt de plaatsing of inwerking van elektriciteitskabels in muren of achter afwerkingen tot een zekere afvalproductie wanneer ze vervangen of verwijderd moeten worden.

Men kan in een gebouw bijgevolg **meerdere functionele lagen** identificeren die op hun beurt uit elementen bestaan die zich van elkaar onderscheiden door hun verschillende (technische, functionele en economische) levensduur:

- het *meubilair*: de meubels, de inrichting en de uitrustingen zijn de objecten met de kortste levensduur binnen het gebouw
- de *ruimtelijke indeling*: de scheidingselementen en de soepele bekledingen (vloer-, plafond- en andere afwerkingen) hebben eveneens een redelijk korte levensduur
- de *systemen*: deze laag omvat alle netwerken voor de ventilatie, de verwarming en het sanitair
- de *gebouwschil*: deze is opgebouwd uit gevelelementen en buitenoppervlakken zoals het dak. Om het gebouw achteraf te kunnen aanpassen, is het onder andere wenselijk dat de gevel onafhankelijk is van de structuur
- de *structuur* is de dragende laag van het gebouw. Ze omvat de dragende structuurelementen en de funderingen. De structuur is de laag die potentieel de langste levensduur heeft. Het is echter tevens de laag die de meeste beperkingen inhoudt voor wat de aanpassing van het gebouw betreft en die het grootste aandeel afval oplevert
- het *terrein*, dat overeenstemt met de geografische locatie van het bouwwerk, is in principe permanent.



Afb. 11 Bouwen in lagen (bron: aangepast op basis van Brand, 1994) [11].

Om ervoor te zorgen dat het gebouw aanpasbaar zou zijn doorheen zijn levensloop, moeten er vanaf de ontwerpfase enkele fundamentele principes toegepast worden bij het identificeren en scheiden van de lagen:

- het *onafhankelijkheidsprincipe*: de elementen moeten zodanig geïntegreerd worden dat bepaalde delen weggenomen of gerenoveerd kunnen worden zonder de prestaties van de ermee verbonden elementen of lagen te beïnvloeden. De verbindingen tussen de technische systemen en de afwerkingen zouden eveneens moeten toelaten om een bepaald systeem door een ander systeem met dezelfde prestatiekenmerken te vervangen, zonder daarbij te hoeven raken aan de afwerkingen
- het *upgradeprincipe*: men dient te opteren voor systemen of componenten waarmee het mogelijk is om te anticiperen op de evolutie van de eisen of die hieraan aangepast kunnen worden
- het *compatibiliteitsprincipe*: elementen met een korte levensduur worden best niet ingekapseld in of al te sterk verbonden met elementen met een veel langere levensduur; men dient zo veel mogelijk duurzame materialen te gebruiken op plaatsen waarvoor een lange levensduur wenselijk is



- het *registratieprincipe*: men dient ervoor te zorgen dat de informatie over de elementen en de componenten van het gebouw beschikbaar en duidelijk is (onder andere door het opstellen van een 'as built'-dossier)
- het *principe van de droge verbindingen*: men moet vermijden om producten te gebruiken die elementen aan elkaar vastkleven of die zich aan het gebouw hechten, zoals gegoten beton, dekvloeren, stucwerk, kitten, polyurethaansprays ...
- het *principe van de modulaire en gestandaardiseerde dimensionering*: modulaire elementen die op gestandaardiseerde manier ontworpen zijn, zijn onderling verwisselbaar en laten toe om ruimten gemakkelijk herinterichten.

Het in acht nemen van de verschillende levensduur van de lagen kan voordelen opleveren tijdens de verschillende levensfasen van het gebouw:

- bij het *bouwen* kan dit principe helpen om de opeenvolging van de taken vast te leggen en meer algemeen om het bouwproces op te volgen (de structuur gaat vooraf aan de gebouwschil die op haar beurt voorafgaat aan de binneninrichting ...)
- tijdens de *gebruiksfase* kan de duidelijke scheiding van de componenten op basis van hun geraamde levensduur helpen om de kortlevende componenten toegankelijk te maken voor het onderhoud of een eventuele vervanging
- tijdens de (al dan niet volledige) *renovatiefasen* zorgt het feit dat men een specifieke laag kan verwijderen en door een andere kan vervangen ervoor dat de andere lagen niet beschadigd raken.

### 3.1.2.2 Voorbeelden en goede praktijken

#### SMART PRICE HOUSE – BeL Sozietät für Architektur (Hamburg, Duitsland – 2013)

##### Concept

De dragende structuur, de verticale circulatie en de technische verbindingen worden opgeleverd tijdens de eerste bouwfase en ter beschikking gesteld van de toekomstige bewoners. De ruimte-indeling valt ten laste van de bewoner en dit, desgewenst in zelfbouw.

##### Uitvoering

Het project bestaat uit een gebouw met verschillende verdiepingen, met een skelet als basis (afbeelding 12 C); de vrije hoogte onder het plafond bedraagt 3,2 m (zonder de binnenisolatie van de vloeren en de plafonds). De verticale circulatie met lift en trappenhuis werd centraal in het gebouw geplaatst (afbeelding 12 D) om de oppervlakteverliezen te beperken en toegang te bieden tot een maximaal aantal appartementen. De organisatie van de grondplannen is onafhankelijk van de draagstructuur en de aangrenzende verdiepingen (afbeelding 12 B). Op alle versies van het standaardverdiepingsplan worden de verschillende woonbehoeften (aantal personen, levensstijl ...) ingevuld en wordt er rekening gehouden met een gebeurlijke functiewijziging in de tijd (gezinsuitbreiding, veroudering, verandering van gebruikers). De technische installaties werden per kavel per verdieping gecentraliseerd, zodanig dat de bewoners een aansluiting op de sanitaire leidingen kunnen krijgen waar zij dat wensen. De badkamers en keukens van elke verdieping kunnen verbonden worden dankzij een centrale technische kern. De technische schachten bevinden zich op vijf



strategische punten langs de structurele kolommen in het verdiepingvlak en onderaan de liftkoker (afbeelding 12 D en E).

### Opmerkingen

Hoewel aan de zelfbouwers gevraagd wordt om hun werkzaamheden door gekwalificeerd personeel te laten valideren, roept dit voorbeeld toch vragen op omtrent de verantwoordelijkheid van de actoren voor het uitvoeren van de bouwelementen.

Er moeten ook eisen gerespecteerd worden op gebouwniveau (bv. akoestiek, brandveiligheid ...). Dit impliceert dat er vooraf bepaalde verantwoordelijkheden vastgelegd moeten worden.



Afb. 12 Appartementsgebouw Smart Price House (bron: Bel en OVAM) [52, 154].

## GEMEENTEHUIS VAN BRUMMEN – RAU Architecten (Brummen, Nederland – 2013)

### Concept

Het ontwerpen en optrekken van een gebouw waarbij de lagen gescheiden worden met het oog op demonteerbaarheid ervan.

### Uitvoering

Er werd een materiaalpaspoort (zie § 3.2.5) aangewend om precies de gebruikte materialen en hun kwaliteit te documenteren. Hierin werd er tevens melding gemaakt van hun fabrikant of oorspronkelijke eigenaar. De materialen zijn na 20 jaar gemakkelijk te demonteren en kunnen hergebruikt worden. Natte verbindingen werden vermeden.

De houten draagstructuur is zodanig ontworpen dat ze later hergebruikt kan worden; ze werd gedimensioneerd met herbruikbare houten secties (afbeelding 13 B en C). De structuur is ontworpen volgens een vast stramien dat in de houtbouwindustrie veelvuldig gebruikt wordt. Wat de gebouwschil betreft, kan zowel het gevelsysteem als het (in de fabriek voorgemonteerde) glazen dak – met inbegrip van het glas en de metalen structuur – gedemonteerd worden voor hergebruik (afbeelding 13 B en C).

Bij het ontwerpen van het gebouw werd er rekening gehouden met een mogelijke afslanking van het gemeentehuispersoneel en met het feit dat het gebouw na 20 jaar demonteerbaar moet zijn. Zo werd er geopteerd voor herbruikbare materialen die in principe na 20 jaar door de leveranciers teruggenomen kunnen worden (volgens Turntoo).

### Opmerkingen

Het risico bij een dergelijke bouwwijze is dat de bij de bouw betrokken actoren (en meer bepaald de materiaalleverancier) niet meer bestaan wanneer het gebouw gedemonteerd wordt. In voorkomend geval zullen de elementen die oorspronkelijk voorzien waren om gerecupereerd en hergebruikt te worden, andere wegen moeten volgen, zoals recycling of storten.

Er bestaan verschillende voorbeelden van gebouwen die ontworpen werden om gedemonteerd en hergebruikt te worden, maar uiteindelijk vernietigd moesten worden, omdat de oorspronkelijk voorziene terugvoerkanalen niet langer beschikbaar waren.

Specifiek voor dit project kon niet alle technische informatie over de gebruikte componenten en het bouwproces achterhaald worden door het WTCB. Het is dus moeilijk om na te gaan hoe de elementen precies verwerkt werden (omkeerbare verbindingen) of welke risico's sommige elementen inhouden (stabiliteit, vocht ...).



Afb. 13 Ontwerp en bouw in lagen van het gemeentehuis van Brummen in Nederland (bron: RAU Architecten & Bouwwereld, NL) [109, 149].

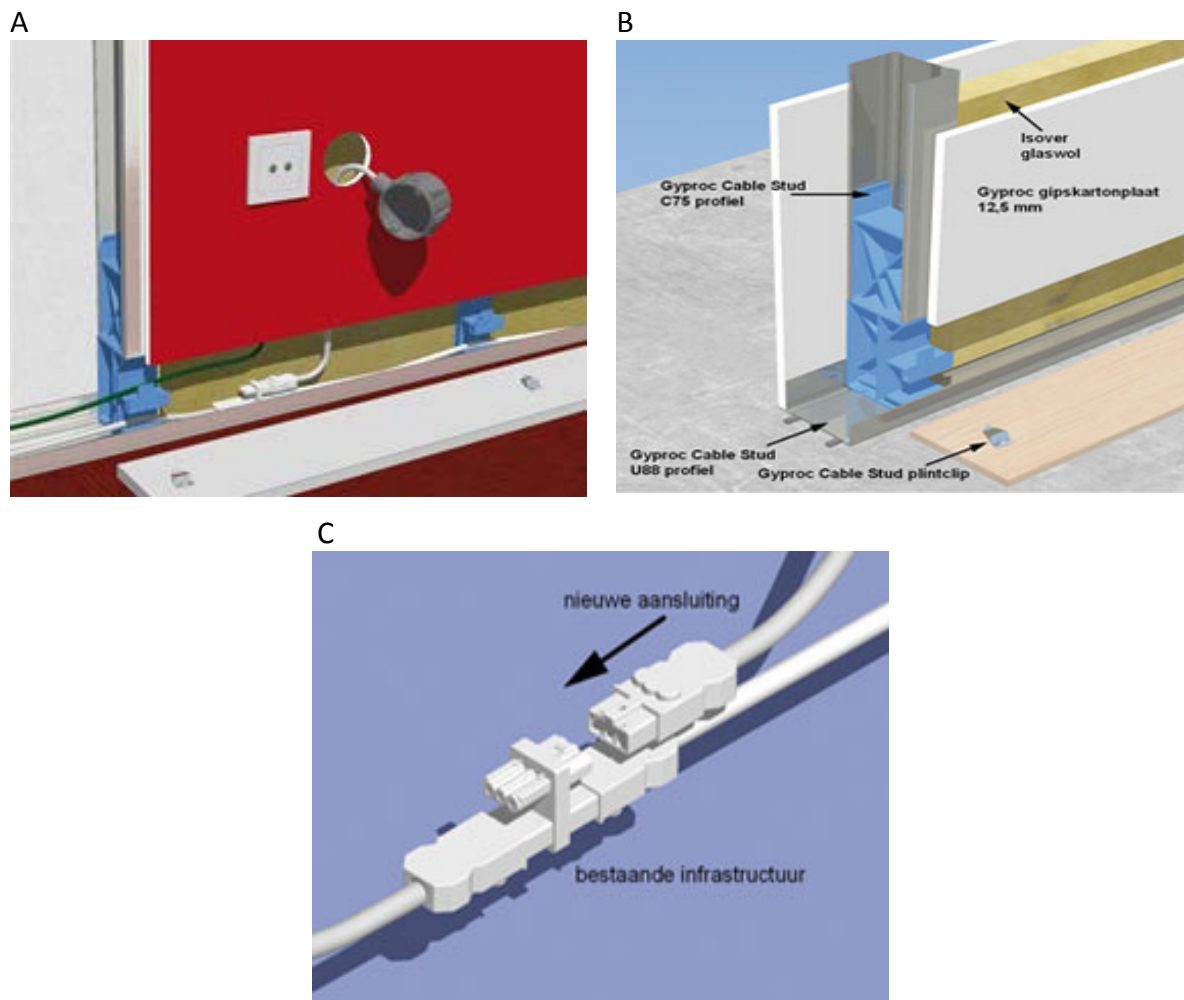
## SCHEIDING TUSSEN DE ELEKTRICITEIT EN DE WANDEN (voorbeeld: CABLE STUD – Gyproc)

### Concept

Het permanent toegankelijk maken van een elektriciteitsinstallatie in een wand.

### Uitvoering

Het indelen van een ruimte met behulp van droge en demonteerbare scheidingswanden is een alternatief voor metselwerkmuren. Dergelijke wanden kunnen diverse technische en functionele prestaties leveren, gelet op het grote aantal mogelijke combinaties voor wat betreft de plaatsing, het structurele kader en de isolatielaag. Deze oplossing (afbeelding 14 A) toont de mogelijkheden van een scheiding van de technische functies in muren. Bij dit systeem bevinden de demonteerbare technische kabelleidingen zich ter hoogte van de muurplint (afbeelding 14 A en B).



Afb. 14 Demonteerbaarheid van een elektrische installatie (bron: Gyproc en OVAM) [52, 111].

## DEMONTEERBAAR GEVELSYSTEEM – Corium

### Concept

Het ontwerpen van een volledig demonteerbare geventileerde gevel die onafhankelijk is van de structuur, op basis van modulaire elementen uit baksteen.

### Uitvoering

Het concept van een geventileerde gevel bestaat erin dat er vóór de dragende gevelmuur een stalen of houten structuur gemonteerd wordt waarop vervolgens een bekleding aangebracht wordt. Bij dit systeem worden de traditionele metselstenen vervangen door droog gemonteerde bakstenen die op een plaatstalen profiel bevestigd worden (afbeelding 15).

In tegenstelling tot traditioneel gevelmetselwerk uit baksteen, kan de stalen montageplaat indien nodig van de buitenste gevellaag losgekoppeld worden. Zodoende is het mogelijk om bepaalde aanpassingen door te voeren of het geheel volledig te demonteren met het oog op een sortering en een selectieve verwerking voor de volgende cyclus.

### Opmerking

Het zou interessant zijn om de milieu-impact van een dergelijk systeem te berekenen en te vergelijken met deze van een meer conventioneel, gelijkwaardig gevelbekledingsysteem.



Afb. 15 Demonteerbaar gevelsysteem (bron: Corium en OVAM) [52, 115].

### 3.1.3 Materiaalkeuze

#### 3.1.3.1 *Beschrijving*

Bij de keuze van bouwmaterialen dient men met vele aspecten tegelijkertijd rekening te houden: hun technische kwaliteit, hun uitzicht, hun milieu-impact, maar ook het comfort, de toegankelijkheid ... Hier komt nog een overweging bij: het levenseinde van het materiaal en bijgevolg ook de manier waarop het materiaal opnieuw in de productiecycclus kan terechtkomen en hergebruikt kan worden.

Bij de materiaalkeuze zijn er op diverse momenten van het bouwproces verschillende actoren betrokken.





## **Ecodesign van producten – Verantwoordelijkheid van de producent**

Om reeds vanaf het productieproces rekening te kunnen houden met het circulaire karakter van materialen, moeten de producenten kunnen beschikken over verschillende scenario's voor het mogelijke levenseinde van hun materialen. Deze scenario's kunnen aanleiding geven tot het ontstaan van nieuwe economische modellen, die het inzamelen van de materialen en de recyclage ervan in een gesloten circuit stimuleren. In sommige gevallen kunnen de materialen zelfs in het bezit blijven van de producent.

Bij het produceren van de materialen zou men voorrang kunnen geven aan lokale of hernieuwbare grondstoffen met een **zo laag mogelijke impact op het milieu en/of de gezondheid**. Zo zouden er bij de fabricage van bouwproducten geen vervuilende stoffen gebruikt mogen worden die de valorisatie ervan op het einde van hun levensduur in het gedrang zouden kunnen brengen (bv. vermijden van het gebruik van sulfaten in cellenbeton, van chloorfluorkoolwaterstoffen in synthetische isolatieproducten ...). De fabrikanten van composietmaterialen zouden er bij het ontwerp van hun producten tevens voor moeten zorgen dat de componenten scheidbaar zijn met het oog op hun mogelijke latere herverwerking.

Eén van de principes van de circulaire economie bestaat erin dat men een onderscheid maakt tussen 'biologische' materialen (ook nutriënten genoemd) en 'technische' materialen. Biologische materialen, zoals (zuiver) hout of materialen van biologische oorsprong, worden zonder vervuilende of giftige stoffen tot producten verwerkt, zodanig dat zij aan het einde van hun levenscyclus naar de biosfeer kunnen terugkeren door biologische afbraak of compostering. Technische materialen, zoals metaal of kunststof, zouden bij voorkeur zo lang mogelijk in industriële cycli behouden moeten blijven. Men zou zich dan ook reeds vanaf het ontwerp moeten afvragen hoe deze materialen later gerecupereerd, hervervaardigd of gerecycleerd kunnen worden, opdat hun economische waarde niet verloren zou gaan.

Bij de selectie van de samenstellende materialen van de bouwelementen dient men erop toe te zien dat hun levensduur afgestemd is op deze van de laag waarvan ze deel zullen uitmaken. Lagen met een vrij korte verwachte levensduur zouden opgebouwd kunnen worden uit biologische materialen, terwijl lagen met een langere levensduur, zoals de structuur, bij voorkeur uit duurzame, robuuste technische materialen zouden moeten bestaan, met het oog op hun behoud, opfrissing of demontage.

Voor bepaalde toepassingen zou men ten slotte kunnen gebruikmaken van tweedehandsmaterialen of materialen die uit een bepaald percentage gerecycleerde stoffen bestaan, voor zover ze beschikken over dezelfde technische, functionele, gezondheids- en esthetische eigenschappen als een gelijkwaardig nieuw materiaal.

## **Materialen kiezen in functie van hun milieu-impact (EPD) – Verantwoordelijkheid van de ontwerper en de aannemer**

Als ontwerpers en aannemers producten kiezen, zouden zij rekening moeten houden met de milieu-impact ervan in het gebouw. De vergelijking van de **milieuverklaringen van de**



producten (EPD) zou hen in staat moeten stellen om onder verschillende alternatieven met identieke prestatiekenmerken de oplossing met de laagste milieu-impact te kiezen. Deze EPD's zijn beschikbaar in de federale EPD-databank [87].

### **Beschikbaarheid en overdracht van informatie op het einde van de levenscyclus – Verantwoordelijkheid van de bouwheer en de sloper**

Opdat de materialen op het einde van hun levenscyclus gevaloriseerd zouden kunnen worden, moeten ze niet alleen ontmantelbaar zijn, maar moet de sloper ook toegang hebben tot een hele reeks gegevens die beschikbaar moeten blijven tot aan het einde van de levensduur van de bouwelementen. Dit kan gebeuren door de opstelling van zogenoemde 'materiaalpaspoorten' (zie § 3.2.5). De achterliggende idee is dat er voor elke component of elk materiaal een (fysiek of virtueel) document voorhanden zou moeten zijn dat alle nuttige informatie over het element in kwestie bevat en dat gedurende de volledige levenscyclus ervan geüpdatet wordt. De in het paspoort opgenomen informatie heeft betrekking op:

- de technische en milieu-aspecten (samenstelling, lokalisatie, productie, hygrothermische en fysieke eigenschappen, milieu-impact ...)
- de opvolging van het onderhoud (upgrade, opfrissing, bestemmingswijziging ...)
- de verwerking aan het levenseinde (hergebruikspotentieel, recyclage, verbranding of storten).

#### *3.1.3.2 Voorbeelden en goede praktijken*

##### **THE BIOLOGICAL HOUSE – EEN TIL EEN, 3XN (Middelfart, Denemarken – 2016)**

###### Concept

Het optrekken van een woning met behulp van materialen die reststromen uit de voedingsmiddelenrijverheid bevatten: gras, stro, tomatenplanten, algen ... Deze materialen, die vandaag de dag als 'afval' beschouwd worden en verbrand worden om energie op te wekken, worden met andere woorden verwerkt tot bouwmaterialen.

###### Uitvoering

Het Biological House werd ontworpen volgens een reeks principes die de scheidbaarheid van de woning in lagen beogen en de mogelijkheid bieden om de materialen, elementen en componenten in een gesloten kringloop te houden. Zodoende eindigen de grondstoffen die gebruikt worden voor het gebouw niet als afval.

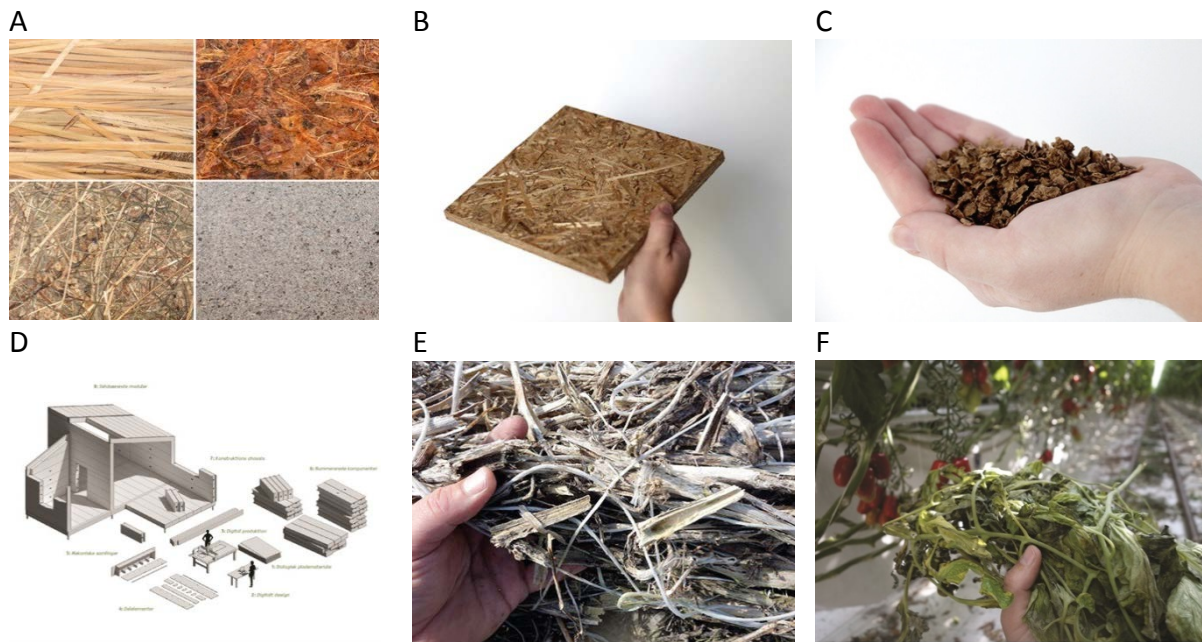
Samen met een aantal partners uit de landbouwsector en fabrikanten van bouwproducten hebben de architecten de types, hoeveelheden en beschikbaarheid van de lokale Deense biologische grondstoffen geïdentificeerd (afbeelding 16 E en F). De gekozen materialen werden eerst gebroken (afbeelding 16 C) en vervolgens tot nieuwe panelen samengeperst (afbeelding 16 A en B) waarna hun statische en tactiele kwaliteiten beproefd werden.

Bij de bouw werd er bovendien een innovatief concept van digitale productie gebruikt (afbeelding 16 D) dat borg staat voor een doeltreffende afvalbeperking. Verder werd de





woning ontworpen om gedemonteerd te worden. De vereenvoudigde productie en de modulaire opbouw maken dat het gebouw makkelijker en voordeliger aanpasbaar is.



Afb. 16 Digitale productie en uit de voedingsmiddelenrijverheid gerecupereerde materialen voor het Biological House (bron: EEN TIL EEN & 3XN) [124].

## TECHNICAL NUTRIENT PAVILLON – William McDonough (Park 20|20, Nederland – 2012)

### Concept

Het ontwerpen van een experimenteel gebouw om de het gebruikspotentieel van 'Cradle to Cradle'-gecertificeerde materialen aan te tonen <sup>(6)</sup>.

### Uitvoering

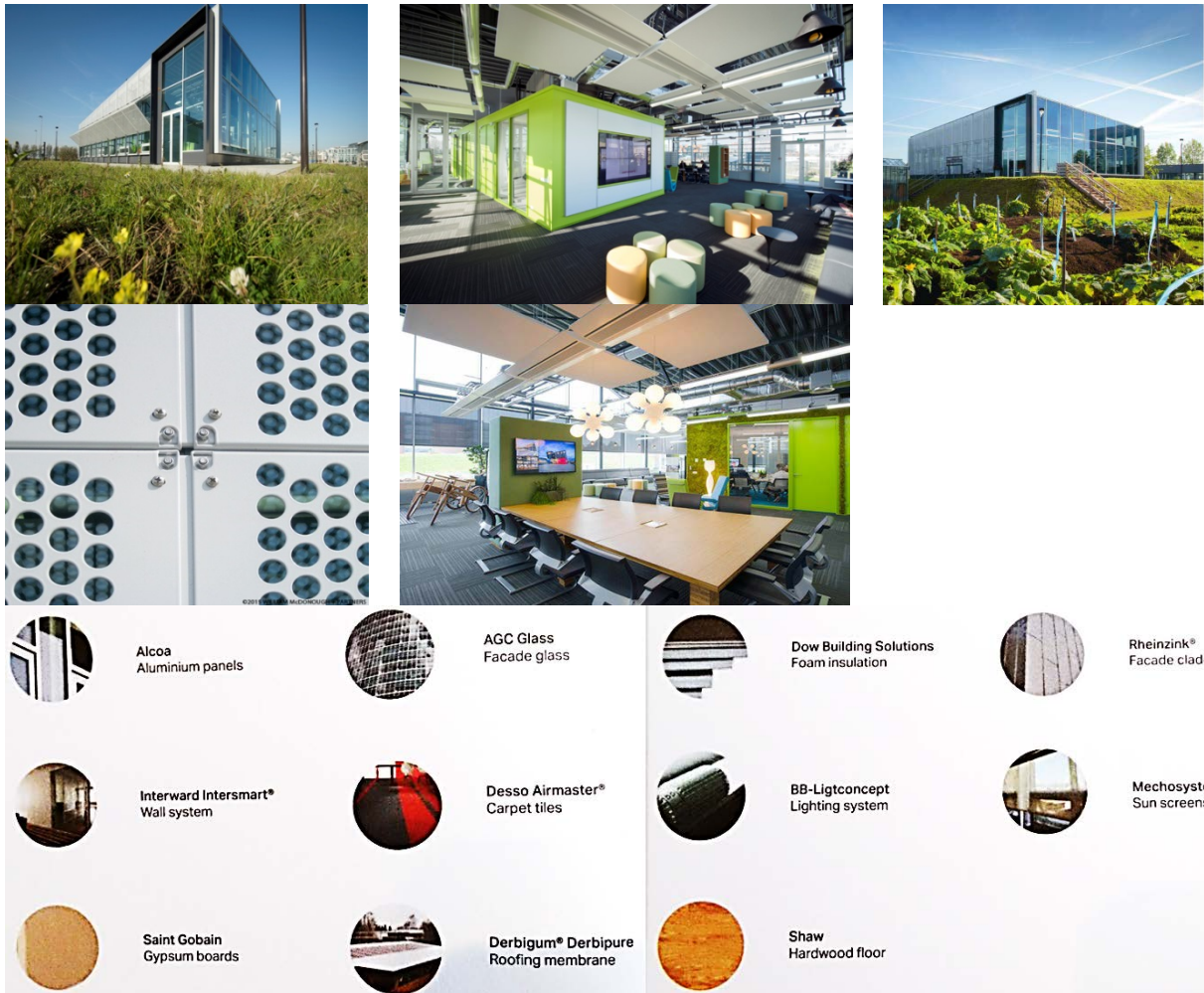
Het Technical Nutrient Pavillon toont aan dat materialen aan het einde van hun levenscyclus in gesloten kringlopen 'geüpcycled' kunnen worden. Het gebouw werd ontworpen in een samenwerkingsverband met 41 producenten van C2C-gecertificeerde materialen. Het bevat niet alleen een groot aantal materialen die onschadelijk zijn voor de gezondheid, maar werd bovendien zodanig ontworpen dat het volledig demonteerbaar is, dankzij het vrijwel uitsluitende gebruik van mechanische verbindingen. De C2C-gecertificeerde materialen worden gebruikt in het merendeel van de lagen van het gebouw:

- de gebouwschil: diverse gevelbekledingen (aluminiumpanelen, glas, bekledingspanelen) en de dakbedekking (bitumineus membraan)
- de systemen: zonneschermen en verlichting
- de ruimte-indeling: scheidingswandsysteem, vloerafwerking (kamerbreed tapijt, parket).

---

<sup>(6)</sup> Het 'Cradle to Cradle'-label is een certificatielabel voor producten (<http://www.c2ccertified.org/>).





Afb. 17 Het Technical Nutrient Pavillon (bron: William McDonough and Partners) [136].

## CHAP-YT – Cellenbeton recycleren

### Idee

De firma Chap-yt ontwikkelde een recyclagesysteem voor cellenbeton. De twee problemen die inherent zijn aan de recyclage van dit materiaal (grote poreusheid en uitloging van de sulfaten naar de bodem) werden opgelost door het uitwerken van een toepassing in de binnenomgeving. Het cellenbeton wordt hierbij gebroken tot een fractie 0/4 mm-zand (dat bij de aanmaak van gestabiliseerd zand gedeeltelijk het rijnzand vervangt) en een fractie 4/12 mm-granulaten (ter vervanging van de korrels geëxpandeerde klei) die gebruikt worden in nieuwe dekvloeren.

Een bijkomend 'ecodesign'-idee bestond erin om de dekvloer een groene kleur te geven. Door de groene kleur zou de dekvloer met cellenbeton erin makkelijk herkenbaar zijn bij de ontmantelingswerken. Zodoende kan men vermijden dat het cellenbeton na afbraak zou terechtkomen bij het puin dat nadien bewerkt wordt tot gerecycleerde granulaten voor buitentoepassingen en wordt het risico op vervuiling (uitloging van sulfaten) beperkt.



### Opmerkingen

Uiteindelijk werd de groene kleur voor de dekvloermortel niet weerhouden, maar werd er wel voor gezorgd dat het product de sulfaten grondig aan zich bindt door een verhoogde cementdosering (geen risico op uitloging na afbraak).



Afb. 18 Recyclage van cellenbeton (bron: Chap-Yt) [112].

### **ALLIANDER HEADQUARTER – RAU Architects (Duiven, Nederland – 2015)**

#### Idee

Het isoleren van gebouwen met een materiaal op basis van gerecycleerde werkkledij van de werknemers.

#### Ontwerp/Uitvoering

Het Alliander-project vertoont diverse kenmerken van circulair bouwen: renovatie in plaats van afbraak, milieuvriendelijk onderhoud van het gebouw, hergebruik van betontegels, van de structuur, van het sanitair ... Het gebouw werd bovendien ontworpen als tijdelijke materialenvoorraad in afwachting van hun ontmanteling aan het einde van hun levenscyclus. Om dit mogelijk te maken, herneemt het materiaalpaspoort alle karakteristieken van de (bestaande en nieuwe) materialen die gebruikt werden in het gebouw.

De bijzonderheid van dit project berust op het gebruik van een isolatiemateriaal dat geproduceerd werd op basis van gerecycleerd textiel (afbeelding 19). Dit isolatiemateriaal wordt gemaakt door het bedrijf Métisse [137] op basis van gerecycleerd textiel en de oude werkkledij van de Alliander-werknemers. Dit isolatiemateriaal van natuurlijke oorsprong neemt de vorm aan van rollen gerecycleerde katoenwol of panelen van gerecycleerd katoen.

#### Opmerkingen

De beschikbare informatie over het materiaal maakt geen melding van diens prestaties op lange termijn. We beschikken evenmin over informatie over de hoeveelheid afval die nodig is voor de fabricage van een welbepaalde hoeveelheid isolatiemateriaal, zij het voor een unieke productie of voor een productie op grote schaal.







Afb. 19 Thermische isolatie op basis van textielelementen (bron: RAU & Métisse) [97].

### 3.1.4 Uitvoering van omkeerbare verbindingen

#### 3.1.4.1 Beschrijving

Om over circulair bouwen te kunnen spreken, is het essentieel dat de componenten intact uit een gebouw gehaald kunnen worden. De componenten die het einde van hun levenscyclus bereikt hebben of die een onderhoud of een herstelling vergen, moeten toegankelijk en demonteerbaar zijn.

Om de ontmanteling van componenten en verbindingen mogelijk te maken, moeten de volgende punten in acht genomen worden:

- de *toegankelijkheid*: de elementen en hun bevestigingen moeten gemakkelijk bereikbaar zijn
- de *verbindingstechnieken*: verbindingen zonder bevestigingsmiddelen of met omkeerbare bevestigingen genieten de voorkeur. Verder dient men het aantal verschillende bevestigingstypes tot een minimum te beperken
- de *risico's*: de elementen moeten zodanig geselecteerd worden dat de behandelingsrisico's bij de montage en demontage zo klein mogelijk zijn en dat er eenvoudige en courante werktuigen gebruikt kunnen worden
- de *tijd*: de voorkeur dient uit te gaan naar constructies met zo weinig mogelijk componenten, bevestigingen en bevestigingstypes en dit, om de ontmantelingstijd te beperken; men dient er eveneens voor te zorgen dat het gebouw zodanig ontworpen wordt dat de ontmanteling op verschillende plaatsen tegelijkertijd kan gebeuren
- *informatie*: men dient alle gegevens ter beschikking te stellen die nodig zijn om de elementen correct te kunnen ontmantelen, meer bepaald door de materialen, de componenten en hun assemblagewijze te documenteren en eventueel in een ontmantelingsgids te voorzien
- de *keuze van de componenten*: men dient de voorkeur te geven aan geprefabriceerde modulaire componenten die gemakkelijk te manipuleren zijn en het aantal verschillende componenten in eenzelfde constructie te beperken.

Er wordt in de regel een onderscheid gemaakt tussen twee verbindingswijzen: de natte en de droge verbinding. Dit verschil is essentieel met het oog op een ontmanteling: natte

verbindingen vereisen immers vaak meer werk en energie om de elementen van elkaar te scheiden en geven vaker aanleiding tot schade aan de verschillende onderdelen <sup>(7)</sup>.

### ■ *Droge verbinding*

Een droge verbinding wordt uitgevoerd zonder vloeistof, en dit:

- hetzij door een specifieke handeling (de zogeheten *directe droge verbinding*): zwevende plaatsing, vlechten, in elkaar passen, in elkaar klikken ...
- hetzij met behulp van bevestigingselementen (de zogeheten *indirecte droge verbinding*): schroeven, nagels, bouten, pen- en gatverbindingen, bevestigingsplaten ... Het feit of de elementen al dan niet ontmanteld kunnen worden, hangt af van de mogelijkheid om toegang te krijgen tot het bevestigingselement en het te kunnen verwijderen: een schroef of bout geniet dus de voorkeur boven een nagel.

Het bevestigingselement van een indirecte droge verbinding kan redelijk afhankelijk, redelijk onafhankelijk of volledig autonoom zijn t.o.v. de elementen die het verbindt:

- een *afhankelijke* verbindingscomponent wordt opgenomen in de verbonden elementen (nagel, verbindingsmodules ...)
- een *onafhankelijke* verbindingscomponent verbindt twee elementen zonder erin opgenomen te worden (bv. bouten, schroeven ...)
- een volledig *autonome* verbindingscomponent vergt een hulpmiddel zoals een nagel, een schroef of een bout om de verbinding tussen twee elementen tot stand te brengen (bv. bevestigingsplaten, hoekijzers ...). **Naarmate het bevestigingsmiddel autonomer is, zullen de elementen gemakkelijker van elkaar te scheiden zijn.**

### ■ *Natte verbinding*

Een natte (of chemische) verbinding is een verbinding die tot stand gebracht moet worden met behulp van een vloeistof.

- Een *natte verbinding* is meestal *indirect*, omdat er in dit geval een extra materiaal nodig is (een bevestigingsmiddel) om de elementen aan elkaar vast te maken (water, lijm, mortel, aarde ...).
- Een *directe natte verbinding* wordt gewoonlijk tot stand gebracht door elementen met elkaar te laten versmelten (bv. door het lassen van afdichtingsbanen) of door middel van een matricelement dat een tweede element 'omhult' (bv. beton dat over een wapening gestort wordt).

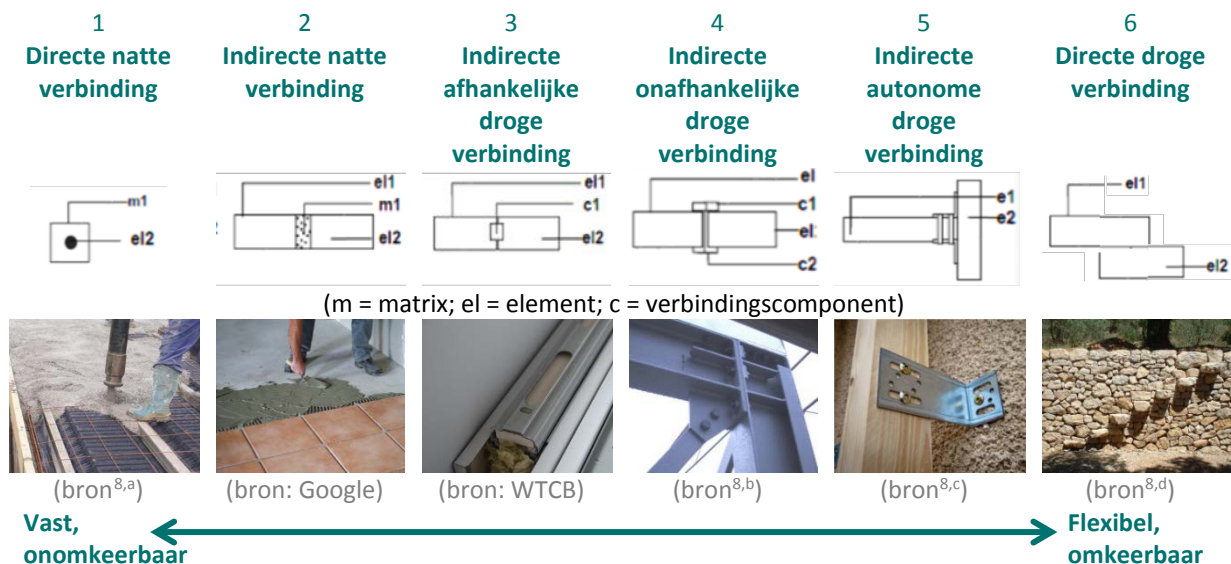
Bij een natte verbinding is er ter plaatse een zekere uithardings- en droogtijd vereist en zijn ook de weersomstandigheden van belang. De directe natte verbinding is de minst flexibele bevestigingsmethode, aangezien de elementen chemisch met elkaar versmelten. Dit maakt de recuperatie of de scheiding van de originele elementen met het oog op een latere verwerking zo goed als onmogelijk.

Afbeelding 20 geeft een overzicht van de verschillende conventionele verbindingsmethoden, geklasseerd volgens hun omkeerbaarheidspotentieel (d.w.z. het gemak waarmee de verbonden elementen later gescheiden kunnen worden).

---

<sup>(7)</sup> Steenachtige materialen die bevestigd worden met gips of kalkmortel kunnen echter perfect gedemonteerd worden zonder aanleiding te geven tot schade.





Afb. 20 Klassering van de conventionele verbindingmethoden volgens hun omkeerbaarheidspotentieel (bron: aangepast op basis van Chebli) [16].

### 3.1.4.2 Voorbeelden en goede praktijken

#### ICEHOUSE – William McDonough and Partners (Davos, Zwitserland – 2016)

##### Concept

Het optrekken van een gebouw dat volledig gedemonteerd en elders opnieuw opgebouwd kan worden.

##### Uitvoering

Het prototypegebouw ICEHouse illustreert het gebruik van ‘technische nutriënten’. Het gebouw is ontworpen op basis van drie materialen: aluminium voor de structuur, aerogels voor de isolatie en polymeren voor de gevels en het meubilair.

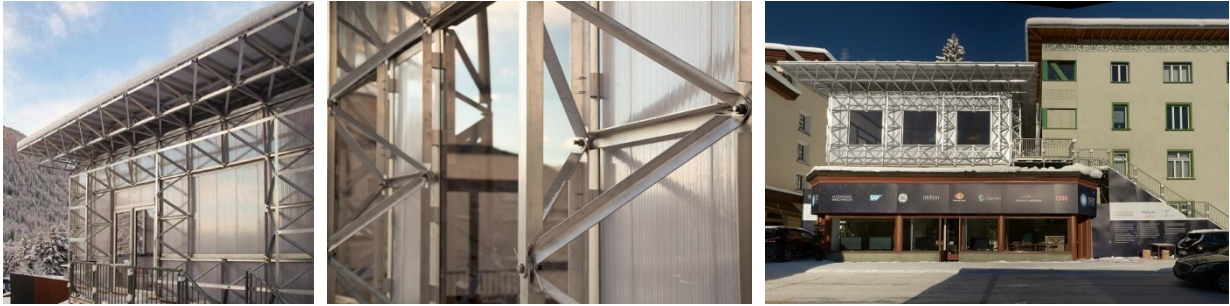
Het structuurschema bestaat in de verbinding van twee eenvoudige elementen die een driedimensionale structuur opleveren (vloer, muren en plafond). De structuur kan met gewone werktuigen gemonteerd en gedemonteerd worden en kan makkelijk en op compacte wijze naar verschillende plekken vervoerd worden om aan diverse functies te voldoen. Zo kan de structuur gebruikt worden als woning, bushokje of kleine brug.

##### Opmerkingen

Ook voor de nieuwe materialen die gebruikt werden voor dit paviljoen (de aerogels) moet er een efficiënte milieuvvalorisatie-oplossing voor het einde van hun levensduur bedacht worden. Het is echter niet duidelijk of er over dit onderwerp effectief nagedacht werd.

(<sup>8</sup>) a: [www.batiprobeton.com](http://www.batiprobeton.com) - b: [www.vd.sia.ch](http://www.vd.sia.ch) - c: [www.mur.ooreka.fr](http://www.mur.ooreka.fr) - d: [www.depierresetdebois.com](http://www.depierresetdebois.com)





Afb. 21 Volledig demonteerbaar gebouw  
(bron: ICEhouse, in *Building a circular future*, en William McDonough + partners) [35, 135].

## CLICKBRICK® – Daas Baksteen (Nederland)

### Concept

Het produceren van bakstenen die verwerkt kunnen worden zonder mortel.

### Productie

De ClickBrick®-bakstenen ('Cradle to Cradle'-gecertificeerd, zie <sup>(6)</sup> p. 30) worden onderling verbonden door middel van clips uit roestvast staal (afbeelding 22 C) die passen in de groeven die aangebracht werden in de hoeken van de baksteen (afbeelding 22 A en C). De aldus opgetrokken muur wordt gesteund door muurankers uit roestvast staal die aan de binnenkant van de bakstenen bevestigd worden (afbeelding 22 A).

Dit systeem is volledig demonteerbaar met het oog op een mogelijk hergebruik en vergt geen reiniging. Het monteren van bakstenen zonder mortel biedt een aantal voordelen zoals een snelle uitvoering die niet afhankelijk is van de weersomstandigheden of het feit dat de montage kan gebeuren door minder gekwalificeerde arbeiders. De afwerking van de muur is proper, eenvoudig en vereist geen opvoeging (afbeelding 22 D, E en F). Doordat er geen mortelvoegen zijn, is er ook geen risico op uitbloeiingen.

### Opmerkingen

Deze verbindingswijze wordt vooral toegepast bij lage gebouwen (maximum twee verdiepingen). De vraag is of dit beschouwd moet worden als een beperking van deze technologie. Verder wordt deze techniek systematisch gebruikt voor de uitvoering van gevelbekledingen. Wij hebben geen informatie ontvangen omtrent het gebruik ervan voor draagmuren. Tot slot dient geverifieerd te worden of dergelijke verbindingen (in metaal) voldoende duurzaam zijn in de tijd.







Afb. 22 Montage van baksteenmetselwerk zonder mortel  
(bron: ClickBrick® *In Building Revolutions*, en Seps Matériaux) [17, 152].

### PEIKKO – Verbindingssysteem voor betonelementen

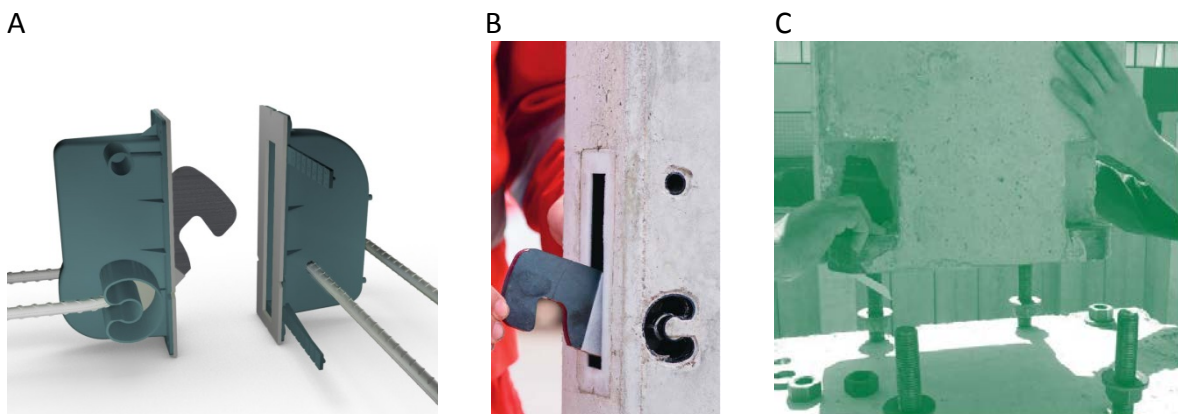
#### Concept

PEIKKO is een Fins bedrijf, gespecialiseerd in de productie van verbindingmiddelen voor structuurelementen uit beton. De voorgestelde mechanische verbindingssystemen zijn omkeerbaar, zodat de structuren demonteerbaar worden en de componenten herbruikbaar. Afbeelding 23 (A en B) toont een connector (de 'Tenloc Panel Connector') waarmee het mogelijk is om grote structuren uit geprefabriceerd beton op volledig omkeerbare manier te assembleren. Deze connector kan ook gebruikt worden om borstweringen aan gevels of muren aan kolommen te bevestigen. De grendel wordt met een ratelsleutel in het verankeringsstuk bevestigd. De betonelementen met vergrendelvoorzieningen en de betonelementen met verankeringsstukken worden ter plaatse in de juiste stand gebracht en in elkaar vergrendeld met een paar connectoren. De verticale geprefabriceerde aansluitingen worden afgewerkt door de vergrendelingsopeningen op te voegen.

Afbeelding 23 C toont een ander verbindingssysteem voor betonstructuren waarbij de constructie gestabiliseerd wordt met vier bouten, zonder enige andere ondersteuning.

#### Opmerkingen

Op basis van de beschikbare informatie omtrent deze technologie kunnen wij geen zekere uitspraken doen over de belastingsintensiteit die deze verbindingen kunnen opnemen.



Afb. 23 Verbindingssysteem voor betonelementen  
(bron: PEIKKO *In Building a circular future* en PEIKKO) [35, 146].

## PROTOTYPES VAN OMKEERBAREVERBINDINGEN – VIA University College (Finland)

De drie hierna besproken voorbeelden zijn prototypes die het resultaat zijn van een theoretische universitaire ontwikkeling.

### ■ *Assemblage van houten elementen*

De houten elementen maken deel uit van een modulair systeem dat ontwikkeld werd om gedemonteerd te worden. De verbinding tussen twee in elkaar passende houten elementen wordt tot stand gebracht door middel van twee bouten die in twee metaalplaten geschroefd worden en waarop twee moeren gelast worden.



Afb. 24 Omkeerbare verbindingen voor hout (bron: GXN *In Building a circular future*) [35].

### ■ *Verbinding van metalen elementen*

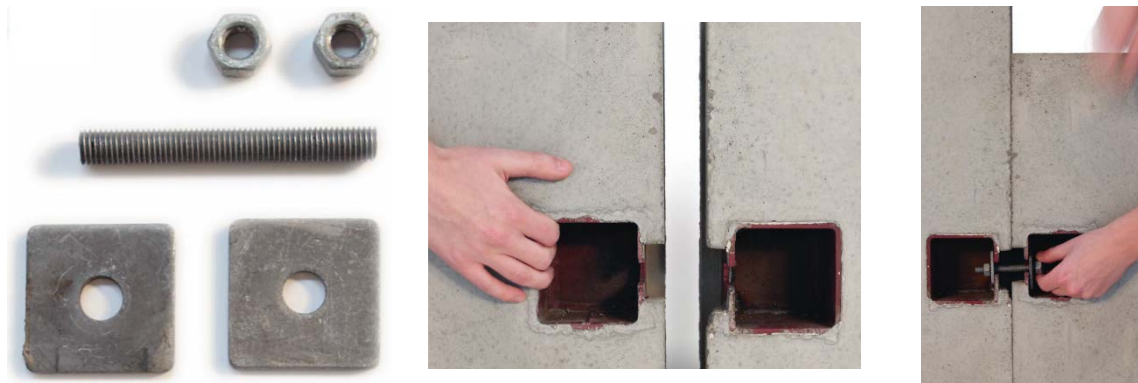
De traditionele verbinding met bouten en moeren wordt vervangen door een verbinding met een klemplaat met twee gleuven en stabiliserende O-ringen. Dit systeem laat een snelle en eenvoudige assemblage en demontage toe en vereist geen gereedschap.



Afb. 25 Omkeerbare verbinding voor metaal (bron: GXN *In Building a circular future*) [35].

### ■ *Verbinding van betonnen elementen*

De verbindingen tussen de elementen worden tot stand gebracht met behulp van belastingoverdrachtbouten, aangebracht in in geprefabriceerde holtes geplaatste verankeringskasten. De boutverbindingen zijn toegankelijk via de buitenkant van de geassembleerde elementen en zijn tegen brand beschermd door de isolatie en de gebouwschil.



Afb. 26 Omkeerbare verbinding voor betonelementen (GXN *In Building a circular future*) [35].

### Opmerkingen

Deze oplossingen zijn prototypes. Voor zover wij weten, is er nog niet voldoende informatie omtrent de gebruiksgrenzen van de systemen (omvang van de op te nemen krachten) of de fabricagetoleranties voorhanden.

## F87 (Efficiency House Plus) – Werner Sobek (Berlijn, Duitsland – 2011)

### Concept

Het optrekken van een proefgebouw dat geen energie verbruikt, geen emissies veroorzaakt en volledig gerecycleerd (geüpcycled) kan worden.

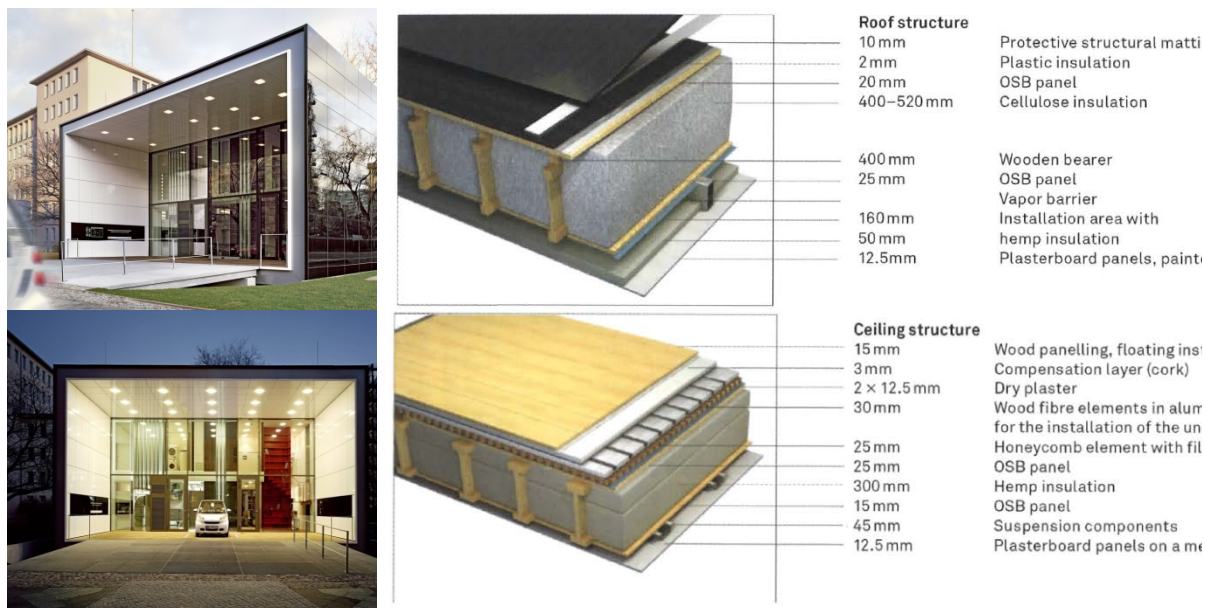
### Uitvoering

De woning F87 [125] werd opgebouwd voor een periode van twee of drie jaar om de samenstellende materialen en componenten vervolgens te demonteren met het oog op het hergebruik ervan. Het doel was om aan te tonen dat een gebouw wel degelijk ontworpen kan worden om op het einde van zijn levensduur integraal ontmanteld te worden. De materialen werden in de mate van het mogelijke gekozen om aan het einde van hun levenscyclus gecomposteerd of gerecycleerd te worden. Uiteindelijk werden er niet minder dan 20 verschillende materialen gebruikt omwille van hun recyclagepotentieel. De gevel is opgebouwd uit een houten bebording, aluminium lamellen, een drievoudige beglazing en zonnepanelen die op het einde van hun levensduur allemaal gerecupereerd en hergebruikt kunnen worden. De meeste verbindingen werden tot stand gebracht met schroeven en gemakkelijk toegankelijke klikconnectoren. De vloeren, muren en plafonds bestaan uit aparte lagen zonder lijm tussen de componenten. De muur- en vloerbedekkingen worden geplaatst zonder lijm om hun aanpassing en recyclage mogelijk te maken. Bovendien werd er voor het gebouw een recyclagehandleiding opgesteld, met een gedetailleerde weergave van alle gebruikte materialen en hun hergebruiks- en recyclagepotentieel.

### Opmerkingen

Gelet op het feit dat het gebouw nog niet gedemonteerd werd, dient men zich de vraag te stellen in hoeverre de onderdelen ervan (bv. de drievoudige beglazing) op het einde van hun levensduur daadwerkelijk hergebruikt zullen worden.





Afb. 27 Demonteerbaar en recycleerbaar proefgebouw  
(bron: F87 (Efficiency House Plus) *In Building revolutions* en Werner Sobek) [17, 125].

### 3.1.5 Afval vermijden, optimaal gebruik van grondstoffen

#### 3.1.5.1 Beschrijving

Uit een studie die uitgevoerd werd in Groot-Brittannië (Zakar, 2008) [66] is gebleken dat de werkelijke afvalkosten, waarbij niet alleen rekening gehouden wordt met de verwijdering ervan, maar ook met de materiaalkosten en de arbeidskosten die verband houden met de afvalproductie, zo'n 2,3 maal hoger liggen dan de aanvankelijk geschatte kostprijs. Volgens deze studie is de afvalproductie voornamelijk toe te schrijven aan:

- werkmethoden die materiaalafval voortbrengen
- een te grote materiaalbestelling
- een ongeschikte opslag (materialen die niet beschermd zijn tegen slecht weer of diefstal)
- het opnieuw uitvoeren van werken omwille van onduidelijke tekeningen of plannen.

Het ontwerpen en optrekken van een circulair gebouw betekent geenszins dat men zonder afval bouwt, maar wel dat het afval mogelijk als een grondstof gebruikt zal worden. Dit impliceert onder meer:

- dat men het ontstaan van afval moet vermijden en dit, zowel bij de fabricage van de producten als bij hun toepassing op de bouwplaats. Dit gaat hand in hand met het vermijden van overproductie, te grote voorraden, niet-efficiënt transport, overbodige werkzaamheden, wachttijden, fouten, afgekeurde producten en slecht uitgevoerd werk
- dat men naar mogelijkheden moet zoeken om het afval om te vormen tot grondstoffen.

De hoeveelheid afval die gegenereerd wordt op de bouwplaats kan aanzienlijk beperkt worden door gebouwen op een andere manier te ontwerpen en te bouwen. De meest efficiënte manier om dit doel te bereiken, is wellicht om de bouwactiviteiten zoveel mogelijk buiten het bouwterrein te laten plaatsvinden. De werkzaamheden op de bouwplaats zouden beperkt moeten worden tot het assembleren van de elementen in plaats van tot het snijden





en verwerken van de materialen. Het afval dat ontstaat tijdens de prefabricagefase is enerzijds veel beperkter en anderzijds veel homogener dan op het bouwterrein. Ook met traditionele bouwtechnieken zijn er mogelijkheden om afvalarm te ontwerpen, bijvoorbeeld door modulaire elementen te gebruiken, door de draagstructuur af te stemmen op de gevel, door de binnenafwerking af te stemmen op de binneninrichting van het gebouw ...

Het grootste deel van het afval ontstaat echter tijdens de afbraak (in de loop van de renovatie- of sloopwerken). De beste manier om dit te vermijden, is zich af te vragen of het werkelijk nodig is om dit afval te produceren (anders gezegd, of het niet beter is om de gebouwen te onderhouden dan ze te ontmantelen).

Het gebruik van een 3D-ontwerp en van BIM-software (*Building Information Modelling*) kan nuttig zijn om na te gaan of het ontwerp en de uitvoering van de elementen (en de actoren die verantwoordelijk zijn voor deze elementen) perfect op elkaar afgestemd zijn en te vermijden dat er tijdens de uitvoering afval geproduceerd zou worden op de bouwplaats.

Verder zou er een slimme afvalsortering tot stand gebracht moeten worden om de verdere ontwikkeling van de bestaande valorisatiekanalen te stimuleren. Talrijke materiaalproducenten stellen momenteel oplossingen op punt om het afval dat tijdens de bouwfase ontstaat op te halen en te valoriseren door recycling in een gesloten kringloop.

### 3.1.5.2 Voorbeelden en goede praktijken

#### HET OVERWEGEN VAN PREFABRICAGE – Voorbeelden in Brussel

##### Voordelen van prefabricage

Prefabricage heeft tal van voordelen te bieden, die voornamelijk te maken hebben met de zuinigere omgang met grondstoffen en een duurzamer bouwplaatsbeheer, zoals:

- de optimalisatie van het fabricageproces
- een rationeel grondstoffengebruik
- een beter risicobeheer en een betere beheersing van de vervuilingbronnen
- een vermindering van de hoeveelheid afval die op de bouwplaats geproduceerd wordt
- minder overlast op het bouwterrein (in omvang en duur) door lawaai, stof, transport ...
- de toepassing van droge montagemethoden, wat de latere ontmanteling en sortering in duidelijke fracties vergemakkelijkt
- tijdwinst voor wat de uitvoering van de werken op de bouwplaats betreft
- eenvoudigere vervanging van de elementen of hun componenten, voor zover de assemblagevolgorde van de lagen gerespecteerd wordt
- schaalvoordelen (bij herhaling van de modules).

##### Beperkingen van prefabricage

Hoewel prefabricage tal van voordelen te bieden heeft, dient men ook rekening te houden met een aantal specifieke beperkingen:

- de basisstructuur, de werktekeningen en de structurele en gestandaardiseerde afmetingen dienen reeds vanaf de ontwerpfase geïntegreerd te worden en dienen tijdens de verdere uitwerking van de plannen strikt nageleefd te worden



- er is een nauwe interactie met de fabrikant en de leverancier vereist
- er is een precieze studie van de fasering van de werken nodig
- de verantwoordelijkheden moeten duidelijk afgebakend worden
- de afmetingen van de elementen: men moet rekening houden met de configuratie van de bouwplaats, met de plaats die beschikbaar is op het terrein (manipulaties, opslag), evenals met de breedte van de toe- en afvoerwegen en de vereiste manoeuvreerruimte
- er moeten vaak hijswerktuigen ingeschakeld worden
- indien er een opslag ter plaatse nodig is, dienen de leveringen en de beschermingsvoorzieningen goed gepland te worden.

Het gebruik van geprefabriceerde elementen doet niets af aan de noodzaak om een objectieve evaluatie van de milieu-impact van het product uit te voeren. Bepaalde geprefabriceerde producten onder de vorm van ‘all-in-one’-elementen leveren immers geen enkel voordeel op voor het milieu. De verschillende componenten van dit type producten zijn aan het einde van hun levenscyclus niet scheidbaar in duidelijke fracties, waardoor het sorteren en optimaal valoriseren van het afval niet mogelijk is.

Afb. 28 Brasserie en openbare woningen – R<sup>2</sup>D<sup>2</sup> Architecture (bron: Batex Brussel) [148].



De vloerelementen werden volledig geprefabriceerd, waardoor ze per verdieping herhaald konden worden. Bovendien maakte de bevestiging van het gebinte aan de achterzijde (metalen lippen) het mogelijk om hetzelfde element te gebruiken, ongeacht de hellingshoek. In het project werden ook nog andere geprefabriceerde elementen verwerkt, zoals de dakstoelen achteraan of de gebouwschil in houtskelet die op de bouwplaats enkel nog geïnstalleerd moest worden.

Afb. 29 Émile Bockstaelschool – Nimptscharchitecten (bron: Batex Brussel) [148].



De muren van dit gebouw bestaan uit geprefabriceerde en geïsoleerde massieve houten wanden. Het gebouw beantwoordt aan de passiefstandaard en het thermische comfort is verzekerd. Het betreft een doorgedreven haalbaarheidsstudie, waarbij de milieu-impact van de gebruikte materialen, de keuze van het structurele systeem, het thermische en akoestische comfort en de energieprestaties in detail bestudeerd werden om te komen tot een performant voorbeeldgebouw.

## WERFWACHTERS

BALK VAN BEEL – Stéphane Beel Architects (Leuven – 2013)

### Idee

Een ‘werfwachter’ doet ter plaatse aan afvalbeheer om de properheid van de bouwplaats te verzekeren.



## Uitvoering

Op de bouwplaats van Balk van Beel (afbeelding 30 A) kreeg de sociale onderneming *Levanto* van aannemer *Willemen* de opdracht om het bouwterrein steeds net te houden door er een klein containerpark te organiseren, waar meer dan 20 fracties gesorteerd konden worden. Dit containerpark werd beheerd door de zogenoemde ‘werfwachters’ van *Levanto*. Deze kunnen beschouwd worden als ‘helpers’ die verantwoordelijk zijn voor een aantal eenvoudige taken zoals:

- het verzekeren van de netheid van de bouwplaats: hiertoe komen ze regelmatig het afval ophalen aan de verschillende werkposten, zien ze erop toe dat de bouwplaats er proper bijligt en gaan ze over tot een regelmatige reiniging van de doorgangs- en opslagzones
- specifieke taken van afvalbeheer (afbeelding 30 B en C): opruimen, het vullen van de containers, het sorteren van specifieke fracties, het invullen van de formulieren voor de opvolging van de ophaling van de containers ...
- het verzekeren van de veiligheid rond de bouwplaats (afbeelding 30 D, G, H en I): afdekken van de containers met zeilen op het einde van de werkdag, openen en afsluiten van de toegang tot de containers, afdekken van de stellingen met zeilen, onderhouden van de signalisatie op de bouwplaats, onderhoud van de afsluitingen ...
- bijstand verlenen aan de aannemer (afbeelding 30 E en F): manueel transport van modulaire elementen (blokken, bakstenen ...), manueel uitgraven van bepaalde sleuven, aanbrengen en onderhouden van beschermingen op kwetsbare plaatsen, lossen van vrachtwagens ...

Er werd gecijferd dat door het werk van *Levanto* – dat op de bouwplaats van Balk Van Beel beperkt bleef tot enkele specifieke taken van afvalbeheer – ongeveer één gemengde container per week kon uitgespaard worden. De andere hiervoor aangehaalde diensten werden aangeboden op andere bouwplaatsen.

De voordelen van een dergelijke samenwerking zijn velerlei:

- minder zorgen: de werfwachters voeren activiteiten uit die de arbeiders in staat stellen om zich volledig te concentreren op de taken waarin zij gespecialiseerd zijn, dat wil zeggen het optrekken van gebouwen
- de bouwplaats is netjes geordend en veilig: het proper houden van de bouwplaats komt de doeltreffendheid en de veiligheid op de bouwplaats ten goede
- imago van duurzaamheid: een doeltreffend afvalbeheer leidt niet alleen tot een vermindering van de kosten, maar zorgt er tevens voor dat de aannemer een milieubewust imago uitstraalt, wat nieuwe klanten kan aantrekken
- flexibiliteit: de werfwachters hoeven niet noodzakelijk permanent op de bouwplaats aanwezig te zijn
- rendabiliteit: het inzetten van werfwachters vormt een economisch voordelige oplossing voor de uitvoering van werkzaamheden die geen specialisatie vereisen.

## Opmerkingen

Het inzetten van werfwachters kan interessant zijn voor bepaalde types – meestal grootschalige – bouwplaatsen. In België bestaan er verschillende ondernemingen uit de sociale economie die voormelde diensten aanbieden. Dit betekent echter geenszins dat de werfwachters per se afkomstig moeten zijn uit de sector van de sociale economie.







Afb. 30 Afvalbeheer op de bouwplaats (bron: Levanto) [123].

## SPECIFIEKE KANALEN VOOR DE RECUPERATIE EN VALORISERING VAN AFVAL

### De producenten sluiten de kringloop

#### Concept

Bepaalde delen van het bouwafval bestaan uit homogene en propere fracties die valoriseerbaar zijn in een gesloten recyclagekringloop bij de producent.

#### Uitvoering

Verschillende fabrikanten hebben diensten ontwikkeld om het afval van de door hen geproduceerde bouwmaterialen te recupereren op de bouwplaats en dit vervolgens opnieuw in de productiecyclus te brengen. De terugnamevoorwaarden (kwaliteit van het afval, logistiek, kosten ...) zijn verschillend van producent tot producent en vergen een voorafgaandelijk contact om hieromtrent duidelijkheid te scheppen. In tabel 1 wordt er een kort, niet-limitatief overzicht gegeven van een aantal van deze kanalen.



Tabel 1 Recuperatiekanalen voor bouwafval.

Producent/Aanbieder	Materiaal	Beschrijving
<p>Rockwool</p> 	<p>Rotswol</p>	<p>Het Rockcycle-systeem stimuleert de terugname van afval van isolatiematerialen uit rotswol van Rockwool. Het bedrijf Renewi stelt hiervoor speciale ophaalcontainers ter beschikking.</p>
<p>Isover</p> 	<p>Glaswol</p>	<p>Het (snij)afval van Isover-glaswol kan teruggenomen worden in recyclagezakken, op voorwaarde dat het aan bepaalde zuiverheidscriteria voldoet (geen zichtbare vervuiling, niet gemengd met ander bouwafval, geen bekledingen, droog ...).</p>
<p>Ytong</p> 	<p>Cellenbeton</p>	<p>Zuiver afval van cellenbeton kan ingezameld worden en opnieuw in de productieketen gebracht worden als vervangingsproduct voor zand. Hiervoor zijn er specifieke <i>big bags</i> beschikbaar.</p>
<p>Gyproc</p> 	<p>Gipsplaten</p>	<p>Zuiver afval van gipsplaten kan ingezameld worden en opnieuw in de productieketen gebracht worden. Het apart opgehaalde afval kan naar de productiefabriek in Kallo gebracht worden (New West Gypsum Recycling).</p>
<p>Val-I-Pac</p> 	<p>Kunststof verpakkingen</p>	<p>Het 'clean site'-systeem biedt de mogelijkheid om verpakkingen uit soepele kunststof in te zamelen in zakken van 400 liter.</p>
<p>KURIO/EMSO</p> 	<p>Kunststof leidingen</p>	<p>Leidingen uit PVC-PE-PP kunnen apart en gratis ingezameld worden in specifieke containers bij de deelnemende ophalers.</p>
<p>Derbigum</p> 	<p>Bitumineuze afdichtingen</p>	<p>Het uitvoeringsafval van nieuwe dakbanen of het afval van oude dakbedekkingen kan gratis ingezameld worden bij de deelnemende ophalers.</p>



<p>DESSO</p> 	<p>Kamerbreed tapijt (tapijttegels)</p>	<p>Desso en Renewi hebben de handen in elkaar geslagen om (het afval van) gebruikte vloerbekledingen (tapijttegels) van Desso op te halen.</p>
<p>Armstong</p> 	<p>Verlaagde plafonds</p>	<p>Oude plafondbekledingen kunnen opgehaald en teruggenomen worden (op pallets). Het uitvoeringsafval kan ingezameld worden in <i>big bags</i>.</p>

### GEBOUW M – Mechelen

In het kader van de herontwikkeling van een oud gebouw van Belgacom in Mechelen werd door het WTCB berekend welke besparing bereikt kan worden door het hergebruiken van de bestaande betonstructuur, in plaats van deze af te breken en te vervangen door een nieuwe structuur. In totaal zou dit behoud een besparing van 2500 m<sup>3</sup> gewapend beton en van 16,5 ton constructiestaal kunnen opleveren, wat overeenstemt met een CO<sub>2</sub>-uitstoot van 1000 ton. De aldus behaalde milieuwinst stemt overeen met het energieverbruik voor de verwarming van een (nieuw) gebouw gedurende 50 jaar.



Afb. 31 Behoud van de betonstructuur van een gebouw bij renovatie (bron: SWECO, ex-Grontmij, Arteum Architects) [102].

### 3.2 Huidige en toekomstige ontwikkelingen

De talrijke voorbeelden die hiervoor aangehaald werden om de verschillende circulaire bouwconcepten te illustreren, tonen aan dat de bouwsector zich moet voorbereiden op de implementering van nieuwe doelstellingen en nieuwe bouwmethoden. De voornaamste uitdaging van circulair bouwen ligt in het feit dat men bij het ontwerpen en optrekken van de gebouwen een vrij nauwkeurig beeld moet hebben van wat ermee kan gebeuren tijdens en aan het einde van hun levensduur en dit, om de ontginning van nieuwe grondstoffen te minimaliseren en afvalproductie te voorkomen enerzijds en om hun aanpasbaarheid, hun opdeling in lagen, hun demontage en een rationele materialenkeuze te stimuleren anderzijds.

In dit deel wordt een overzicht gegeven van de huidige evoluties op het vlak van technische ontwikkeling en van de innovaties die het thema circulair ontwerpen en bouwen verder zouden kunnen beïnvloeden.



### 3.2.1 Standaardisering

Eén van de strategieën om te komen tot minder afval is de standaardisering van de producten en de bouwprocessen (ook 'mass customisation' genoemd). Standaardisering wordt vaak als iets negatiefs beschouwd, maar het is belangrijk om te beseffen dat de bouwindustrie reeds in veel opzichten gestandaardiseerd is en dat de frustratie die veel personen op verschillende managementniveaus voelen, vaak te maken heeft een toegenomen vraag naar standaardisering.

### 3.2.2 'Lean', het systematisch inbouwen van efficiëntie

De strategieën voor een efficiënt beheer en een efficiënte uitvoering op de bouwplaats zijn er onder meer op gericht om de kwaliteit van de bebouwde omgeving te verhogen en kunnen gegroepeerd worden onder de noemer *lean management*.

Bij een bouwproces is er een goede samenwerking tussen verschillende partners vereist. Indien de interventies van alle betrokkenen niet perfect georkestreerd zijn, leidt dit vaak tot tijd- en geldverspilling.

Het *lean*-principe bestaat erin dat men op een duurzame manier waarde creëert voor de klant door alle kosten die teweeggebracht worden door verspillingen <sup>(9)</sup> in de bedrijfsprocessen te elimineren en door alles wat de klant geen toegevoegde waarde biedt, te vermijden (wat erop neerkomt dat men de kosten beperkt en de stromen optimaliseert). Deze kosten worden niet alleen teweeggebracht door bouwgebreken, maar ook door overtollige voorraden, onnodige verplaatsingen, onbenutte capaciteit ... Zodoende worden de processen stabiel, beter voorspelbaar en doeltreffender. De faalkosten <sup>(10)</sup> zouden bovendien met zo'n 6 % verminderd kunnen worden. De *lean*-processen leiden niet alleen tot een vermindering van de kosten en de levertermijnen, maar ook tot een verbetering van de kwaliteit en de veiligheid.

*Lean management* biedt dus uitzicht op meer efficiëntie op de bouwplaats, omdat er minder fouten gemaakt worden en zodoende ook minder afval geproduceerd wordt. Verder neemt de kwaliteit van de planning toe omdat alle actoren geresponsabiliseerd zijn.

---

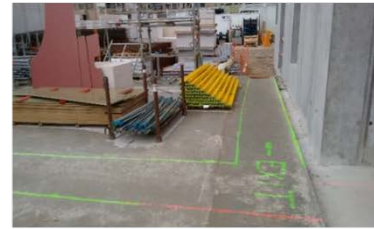
<sup>(9)</sup> Uit een studie van Delta Partners is gebleken dat 10 % van het budget van een bouwplaats besteed wordt aan het opnieuw uitvoeren van slecht gedaan werk, dat 20 % van de werktijd van een arbeider besteed wordt aan het rondlopen op de bouwplaats en dat 55 % van de werkzaamheden te laat uitgevoerd worden ten opzichte van de initiële planning. Bovendien worden de projectleiders om de 6 minuten onderbroken bij hun taken en denken gemiddeld 99 % van de klanten dat zij bij de oplevering teleurgesteld zullen zijn.

<sup>(10)</sup> Volgens andere bronnen, zoals het World Economic Forum, konden bepaalde bouwbedrijven die de *lean*-methode met succes toegepast hebben, de bouwtermijnen met 30 % verkorten en de kosten met 15 % beperken.





- Planning collaboratif
- Marquage des zones de trafic, de stockage et de collecte des déchets
- Information et amélioration du tri des déchets
- Signalisation spécifiques des collectes de déchets.



Afb. 32 Lean management op de bouwplaats (bron: Tivoliwerf) [159].

*Lean* heeft niet alleen op kwantitatief vlak (minder verspilling en minder uitvoeringsfouten) voordelen te bieden (betere beheersing van de materialen die op de bouwplaats geleverd worden en ervan verwijderd worden), maar ook op kwalitatief en menselijk vlak (scheppen van kwaliteitsvolle banen in een gezonde werkomgeving, vasthouden van talent, bouwberoepen aantrekkelijk maken voor jongeren). *Lean* vormt vooral een uitdaging op het gebied van het beheer van veranderingen in het bouwbedrijf. Het menselijke aspect en het vertrouwen tussen de medewerkers worden met andere woorden centraal gesteld. De materiële voordelen die hieruit voortvloeien liggen onder meer in een vermindering van de verspillingen en een verbeterde efficiëntie.

### 3.2.3 'BIM', Building Information Model of Modelling

De informatie- en communicatietechnologieën zijn een onmisbaar hulpmiddel geworden in het bouwproces. Werken met een BIM-model levert nog een aantal bijkomende mogelijkheden op en heeft als oogmerk om te komen tot een integrale aanpak van alle projectgerelateerde informatie, vanaf de ontwerpfase, over de uitvoering, tot in de gebruiksfase. Hiertoe is het cruciaal dat de verschillende actoren vanaf een zo vroeg mogelijk stadium van het project beginnen samen te werken. Dit vergt een andere, meer objectgerichte werkmethode, die de gehele bouwketen ten goede komt. BIM laat onder meer toe om de kosten ten gevolge van bouwfouten te beperken, door **conflicten vroegtijdig te identificeren** en op doeltreffende wijze informatie uit te wisselen.

Het gaat hier om een **gezamenlijke geïntegreerde aanpak** waarbij alle projectpartners betrokken zijn. Deze aanpak linkt de samenstellende objecten van een gebouw met hun eigenschappen, wat de gebruikers in staat stelt om de uitwerking en de uitvoering van hun projecten te versnellen, maar ook om de bouw- en beheerskosten te verlagen.

In een optimaal BIM-proces werken de verschillende betrokken actoren reeds samen vanaf de ontwerpfase. Zodoende kan de kennis van de individuele actoren de volledige keten ten goede komen en kunnen ontwerpwijzigingen tijdens de bouwfase vermeden worden.





Hierdoor kan het aantal onvoorziene meerwerken fors ingeperkt worden en krijgt men een [betere controle over de bouwkosten](#).

Om de correcte informatiedoorstroming in het ganse bouwproces mogelijk te maken, zijn er duidelijke afspraken omtrent de te gebruiken software, de te volgen uitwisselingsprocedures, de eigendomsrechten en de manier van communiceren tussen de betrokken partners nodig. Deze gemeenschappelijke afspraken moeten vooraf vastgesteld worden in een [protocol](#).

De BIM-methodologie is een proces dat de creatie en het gebruik van een slim 3D-model impliceert dat niet alleen moet bijdragen tot het nemen van betere projectgerelateerde beslissingen, maar ook tot een betere communicatie hieromtrent. De BIM-oplossingen stellen de bouwteams in staat om eenvoudiger te ontwerpen, te visualiseren, te simuleren en samen te werken gedurende de volledige levenscyclus van het project. Zodoende kan het bedrijf gemakkelijker zijn doelstellingen behalen en tegelijkertijd zijn grondstoffengebruik en de transversale informatie-uitwisseling tussen alle actoren optimaliseren.

Het *Building Information Model* berust op de digitale voorstelling van een bouwwerk aan de hand van een [geometrisch](#) (digitaal 2D/3D-model) en [informatief model](#). Hierbij wordt er aan elk element (venster, dak, muur, lavabo ...) een zekere hoeveelheid gestructureerde informatie gekoppeld (U-waarde, kosten, materialen) en worden er hiertussen verbanden gelegd. Elke wijziging aan een element gaat dus automatisch gepaard met een update van de hieraan gekoppelde informatie. Een digitaal BIM-model laat met andere woorden toe om sneller het eindresultaat te visualiseren en te controleren of alle elementen compatibel zijn.

### [3.2.4 Aanpasbaar ontwerpen en bouwen](#)

Hoewel het principe van aanpasbaarheid, ondersteund door het gebruik van omkeerbare verbindingen, het mogelijk maakt om gebouwen te beschouwen als voorraden van herbruikbare materialen, gebeurt het nog al te vaak dat gebouwen of elementen die volgens dit principe tot stand komen, toch niet hergebruikt kunnen worden. Dat kan toe te schrijven zijn aan het feit dat ze niet beantwoorden aan een aantal specifieke prestatie-eisen, maar ook – en vooral – aan het feit dat de vraag en het aanbod binnen een bepaalde regio en binnen een bepaald tijds kader niet op elkaar afgestemd zijn.

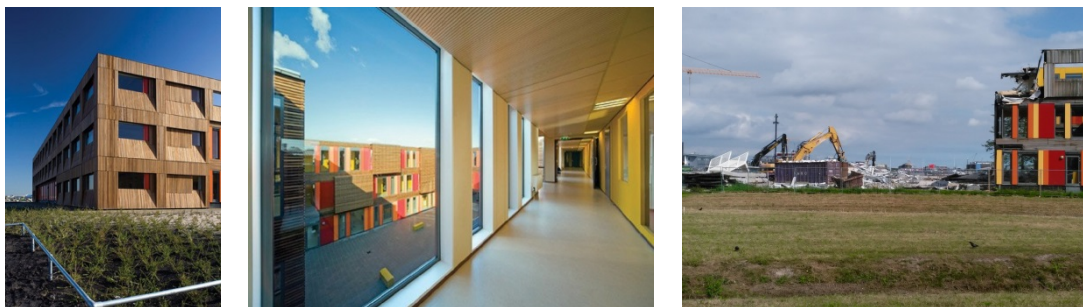
We beschouwen het voorbeeld van de renovatie van een kantoorgebouw met veel binnenwanden, waarbij overwogen wordt om een landschapskantoor te creëren. Deze renovatie gaat gepaard met de demontage en afvoer van meerdere kilometers brandwerende wanden (scheidingswanden en deuren). Deze wanden bestaan uit honderden modulaire elementen in perfecte staat, die gemakkelijk demonteerbaar zijn (afbeelding 33). Ondanks de intrinsieke technologische kwaliteiten van deze elementen (akoestisch en thermisch isolerend, brandwerend) en hun hoge hergebruikspotentieel (onder meer omwille van hun makkelijke demonteerbaarheid), bestaat er op de plaats waar dit gebouw opgetrokken is geen potentiële markt voor de recuperatie ervan (geen vraag en geen opslagcapaciteit voor een dergelijk volume).





Afb. 33 Ontmanteling van modulaire brandwerende wanden (bron: WTCB).

Een ander voorbeeld: in 2008 werd er in Amsterdam een tijdelijke school [98] opgetrokken uit modulaire elementen, die na het eerste gebruik ervan gedemonteerd en verplaatst moest kunnen worden. Toch werd dit gebouw onlangs volledig afgebroken omdat het vanuit een praktisch en financieel oogpunt niet haalbaar bleek om het gebouw te demonteren en elders opnieuw op te bouwen. Deze situatie kan verklaard worden door diverse redenen, waaronder het gebrek aan informatie over dit gebouw (faillissement van de leverancier). Een andere reden ligt in de veroudering van de gebruikte modulaire elementen. Deze laatste waren immer niet meer vergelijkbaar met de huidige modulaire systemen.



Afb. 34 Gebouw met modulaire elementen die bedoeld waren om volledig gedemonteerd en verplaatst te worden (bron: architectenweb) [98].

Eén van de belangrijkste uitdagingen voor een aanpasbaar gebouw is dus om te komen tot een goede coördinatie van de planning tussen de ontmanteling van de elementen en het hergebruik ervan. Deze coördinatie zou vergemakkelijkt kunnen worden dankzij tools voor de regionale planning, uitwisselingsplatformen <sup>(11)</sup> of ruimten voor het verzamelen en opslaan van de materialen.

<sup>(11)</sup>In Brussel verbindt het bedrijf 'hu.bu' het verenigingsleven met de handelssector dankzij een giftenplatform. Via deze weg worden potentiële verwervers van kantoormeubilair in contact gebracht met potentiële schenkers en wordt het verloop van deze operaties ingepland (Human Business, <https://www.hu-bu.be/>).



Een tweede uitdaging ligt in de universaliteit van de aanpasbare en modulaire systemen. Dergelijke systemen kunnen blijkbaar snel verouderd raken. Materialen en bouwelementen kunnen verouderd raken, omdat ze niet langer aangepast zijn aan de nieuwe technische of prestatie-eisen, omdat een speler (vaak de producent) van de markt verdwenen is of omdat er geen informatie (meer) beschikbaar is over de herbruikbare elementen. Er bestaan nochtans talrijke voorbeelden van modulaire bouwsystemen die veel mogelijkheden voor ruimtelijke flexibiliteit bieden en waarvan de producent de technologische permanentie garandeert. In België bieden bedrijven zoals Portakabin of Skilpod bijvoorbeeld modulaire, aanpasbare en verplaatsbare oplossingen aan.



Afb. 35 Modulaire, aanpasbare en verplaatsbare oplossingen.

### 3.2.5 Materiaalpaspoort

De circulaire economie beschouwt gebouwen niet langer als alleen maar verbruikers van grondstoffen en energie en als uitstoters van broeikasgassen, maar ook als potentiële materialenbronnen. De bebouwde omgeving kan aanzien worden als een voorraad secundaire grondstoffen, die gedurende een bepaalde tijd in een vaste vorm behouden blijven, maar voor een bepaalde regio wel hulpmiddelen vertegenwoordigen waarmee de invoer van nieuwe materialen (en de hiermee gepaard gaande uitstoot) beperkt kan worden.

Als gebouwen ontworpen worden met het oog op een latere demontage en ontmanteling, dan kan de restwaarde van een verouderd gebouw positief worden. Er zijn dan meer stimulansen om componenten en materialen te recupereren.

Bepaalde tools zoals BIM en het materiaalpaspoort laten toe om deze grondstoffen te kwantificeren en de kwaliteit ervan te bepalen, maar ook om na te gaan op welke termijn deze materialen beschikbaar zullen zijn voor hergebruik in een nieuw gebouw. Opdat deze recuperatie correct zou kunnen verlopen, moeten de materialen in de gebouwen geïdentificeerd en gedocumenteerd worden. De idee is om aan elk materiaal een (fysiek of virtueel) document te koppelen dat alle nuttige informatie bevat en gedurende de volledige levenscyclus van het element geüpdatet zou worden. De in het paspoort opgenomen informatie zou steeds de actuele toestand van de elementen moeten weergeven. Deze



beschouwing impliceert dat het materiaal getest moet worden met behulp van een gepaste meetuitrusting. De informatie moet bovendien gecertificeerd en geüpdatet worden door een persoon die de juistheid van de gegevens kan verzekeren.

Om het materiaalpaspoort en het concept van een materialendatabank in de praktijk te kunnen brengen, zijn er nog een aantal uitdagingen aan te pakken:

- het verzamelen, controleren, invoeren en verwerken van de informatie over bestaande gebouwen die – naast de nieuwe – een voorraad van materialen zouden kunnen vormen
- het manipuleren en organiseren van een grote hoeveelheid gegevens, afkomstig van de cartografie van de elementen en materialen. De belangrijkste moeilijkheid bestaat erin om alle gegevens over alle elementen te verzamelen en om deze in te voeren in een databank waarin elk element geïdentificeerd en opgevolgd kan worden. Een BIM-model kan een dergelijk kader voor dataverwerking en -structurering bieden
- het updaten van de informatie in functie van de onderhoudswerkzaamheden aan de gebouwen en de evolutie van de prestatie-eisen.

Er moet nog een diepgaand onderzoek gevoerd worden naar de manier waarop de elementen over langere periodes geüpdatet moeten worden, naar de verantwoordelijkheid van de actoren voor de inhoud, naar de ontwikkeling van nieuwe oplossingen, naar niet-gedocumenteerde bestaande gebouwen ...

### 3.2.6 *Energieprestaties, circulariteit en betaalbaarheid*

De laatste jaren hebben de reglementaire doelstellingen op het vlak van milieu de sector ertoe aangezet om de energie-efficiëntie van de gebouwen te verbeteren en dit, door te opteren voor betere warmteproductiesystemen en door de thermische isolatie van de gebouwen te verbeteren. Dit streven naar energiebesparingen heeft geleid tot de ontwikkeling van technische en praktische oplossingen om de gebouwen beter te isoleren en ze luchtdichter te maken. Denken we bijvoorbeeld maar even aan het spuiten van hechtende isolatieproducten (van het polyurethaantype) op muren of vloerplaten. De verbetering van de luchtdichtheid vormde dan weer een stimulans voor het gebruik van katten, lijmen en andere expansieve schuimen. Er worden tegenwoordig ook nieuwe producten zoals sandwichpanelen of met steenstrips bedekte panelen uit isolatieschuim verkocht ter verbetering van de energieprestaties van gebouwen.

Deze bouwprocedures dragen allerminst bij tot de scheidbaarheid van de bouwlagen. Ze maken de lagen immers vrijwel onscheidbaar, zodat het werk bij ontmanteling en recyclage veel moeilijker wordt. Parallel met de evolutie van de thermische en comforteisen heeft de ook stijging van de bouwmaterialbevoorradingskosten het gebruik van snelle en efficiënte modulaire bouwoplossingen zoals prefabricage aangemoedigd.

De uitdaging voor de toekomst bestaat er dus in om deze prestatie- en efficiëntie-eisen te verenigen in nieuwe gemengde oplossingen die toelaten om zowel de energieprestaties van de gebouwen als het circulaire karakter van de bouwelementen te waarborgen.



### 3.2.7 Nieuwe materialen

Op het vlak van materiaalproductie zijn er innovatieve oplossingen in ontwikkeling die steunen op de *ecodesign*principes. Vandaag de dag wordt het *ecodesign*principe nog te weinig toegepast op de materialen en worden er nog vele materialen op de markt gebracht zonder rekening te houden met wat ermee moet gebeuren aan het einde van hun levensloop. Voor deze marktsector komt het er dus op aan om producten en processen te ontwikkelen die toelaten om de materiaalkringloop te sluiten.

Talrijke producenten zien er een voordeel in om het afval dat bij de verwerking van hun producten ontstaat in te zamelen en te recupereren teneinde dit te hergebruiken bij het fabricageproces van hun nieuwe materialen. Na het hergebruik ervan op of buiten de bouwplaats vormt het gebruik van materiaalafval als (secundaire) grondstof in het algemeen een zeer goede manier om de kringloop te sluiten.

De lokale productie van bouwmaterialen zorgt bovendien voor een vermindering van de milieu-impact doordat het transportaandeel in de milieubalans daalt. Bovendien wordt ook de relokalisatie van de economie door industriële ontwikkeling en het scheppen van banen gestimuleerd.

In andere industrietakken is men eveneens overgegaan tot de chemische tracering van hun producten, met als oogmerk om deze te kunnen recupereren en recyclen aan het einde van hun levenscyclus. Dit geldt onder andere voor de kunststofverwerkende sector en meer bepaald voor de verpakkingen. Het doel is onder meer om de fabrikanten en de kleinhandelaars te helpen in hun streven naar productveiligheid en in hun strijd tegen namaak, doordat er in de kunststofverpakkingen een spoor bewaard blijft van de unieke kenmerken ervan. Eén van de principes bestaat erin om een polymeertracer toe te voegen die toelaat om het type kunststof aan het einde van zijn levensduur te identificeren [54].

Verder streeft men ernaar om de materialen doeltreffender of performanter te maken: zo zorgt het gebruik van ultrahogesterktebeton (UHSB) ervoor dat er minder beton nodig is voor eenzelfde toepassing en dit, vermits deze betonsoort een veel hogere sterkte bereikt. Hierdoor kan ook de totale milieu-impact dalen. Daarnaast onderzoekt men de mogelijkheden om dunne cementlagen met textielwapening te combineren met een dik isolatiepakket om te komen tot zelfdragende lichte en materiaalefficiënte bouwelementen.

Een laatste materiaalgerelateerde innovatie ligt in de ontwikkeling van materialen met een zelfreinigend of zelfherstellend karakter. Zo kunnen er microcapsules geïntegreerd worden in beton waardoor het in geval van scheurvorming het vermogen krijgt om terug dicht te groeien en waardoor de levensduur ervan verlengt.

### 3.2.8 3D-printen

Het concept van 3D-printen in de bouwsector verwijst naar diverse technologieën die 3D-printen als basismethode gebruiken om gebouwen op te trekken of bouwcomponenten te verwezenlijken. Omwille van de kostprijs die ermee geassocieerd is, vereist 3D-printing in de





bouw een zeer nauwkeurig ontwerp. Het kan beantwoorden aan de vraag van architecten en ingenieurs die hoogwaardige of hoogperformante componenten wensen te gebruiken, bijvoorbeeld in renovatieprojecten of voor de reproductie van bouwelementen uit erfgoedgebouwen. 3D-printing kan eveneens overwogen worden voor de productie van elementen op maat die niet op een andere manier verwezenlijkt kunnen worden.

De potentiële voordelen van deze technologie zijn velerlei: een snellere constructie, lagere arbeidskosten, groter mogelijke complexiteit en/of precisie, grotere integratie van functies en minder afvalproductie.

Er bestaan diverse 3D-printmethoden die op schaal van de bouwsector gebruikt kunnen worden: extrusie (beton, cement, was, schuim, polymeren), poederlijmen (polymeerbinding, reactieve binding, sintering) of additieflassen.

Afbeelding 36 toont drie structurele knopen die dienen om kabels omhoog te houden boven een weg in Den Haag. Het duidelijk verschillende uitzicht is toe te schrijven aan het feit dat de linkse knoop ontwikkeld werd door een mens en de rechtse door een computer. Bovendien, en dat is nog belangrijker, kan de rechtse knoop dezelfde belasting dragen, terwijl hij 75 % minder weegt en twee maal kleiner is.



Afb. 36 Structurele knopen om kabels omhoog te houden (bron: Arup) [69].

### 3.3 Economische uitdagingen en opportuniteiten

De economische uitdagingen van het circulair ontwerpen en bouwen zijn velerlei. Denken we hierbij maar even aan de werkgelegenheid, de creatie van nieuwe activiteiten en de kostprijs. In dit hoofdstuk geven we een overzicht van deze uitdagingen en leggen we het verband met de economische haalbaarheid van de voormelde technische ontwikkelingen.

#### 3.3.1 'Circulaire' materialen

De uitdagingen hebben voornamelijk te maken met de reële economische mogelijkheden die gepaard gaan met het gebruik van circulaire materialen. Het gebruik van producten en materialen van hoge(re) kwaliteit of van bouwprocedures die de nadruk leggen op het valorisatiepotentieel aan het einde van de levenscyclus kan de bouwkosten immers verhogen. De uitdaging ligt er dus in om te komen tot kwalitatieve circulaire bouwprocessen met een kostprijs die vergelijkbaar is met deze van een traditionele bouwwijze.

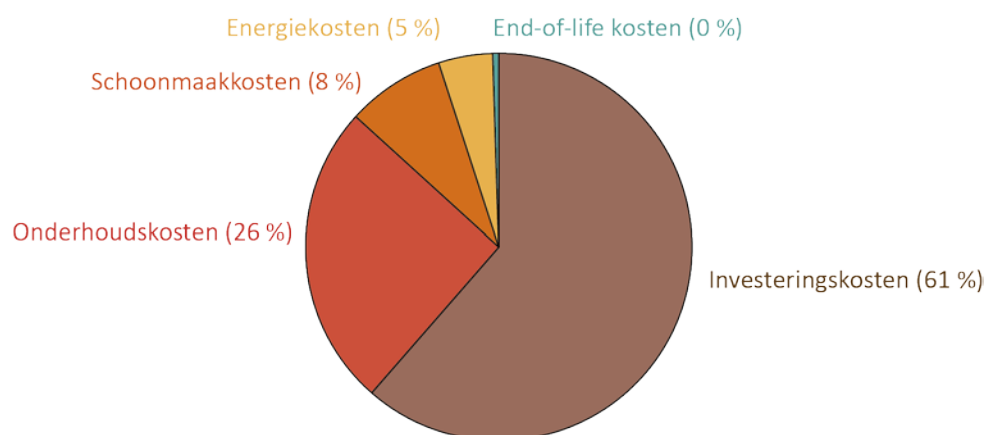
Er bestaan verschillende certificatiemodellen en milieulabels voor bouwmaterialen. Deze labels en certificaten kunnen producenten helpen om zich te onderscheiden van hun concurrenten, bij het ontwikkelen van innovatieve oplossingen waar minder grondstoffen

aan te pas komen en/of waarin gerecycleerde materialen verwerkt zijn. Dit moet hen in staat stellen om een groter marktaandeel te verkrijgen of om hun verkoopprijs te doen stijgen.

Een tweede aspect dat voortvloeit uit de ontwikkeling van materiaalpaspoorten en het ontwerp van gebouwen als materialenbanken, heeft te maken met het gebruik van **digitaliseringsinstrumenten**. De investeringen die gedaan moeten worden voor het gebruik van BIM-software kunnen redelijk zwaar zijn. Het verzamelen van informatie over alle bouwelementen vereist een specifieke vorming of zelfs de opkomst van nieuwe beroepen, toegespitst op databankbeheer. Deze 'data managers' zouden belast kunnen worden met het ontwikkelen, delen en beheren van elementen- en componentenpaspoorten in de bouwsector via een 'open source' gegevensbeheersysteem. Ze zouden bij deze taken geholpen kunnen worden door de experts die de eigenlijke materiaalpaspoorten op punt stellen. Deze twee nieuwe beroepen zouden een permanente dialoog tussen de verschillende bouwactoren tot stand moeten brengen omtrent de beschikbare technologieën, de functionele en technische kenmerken van de gerecycleerde materialen, de innovaties op het vlak van het ontwerp, de materialen en de producten ...

### 3.3.2 Bouwen in lagen en aanpasbaarheid: kosten over de volledige levensduur

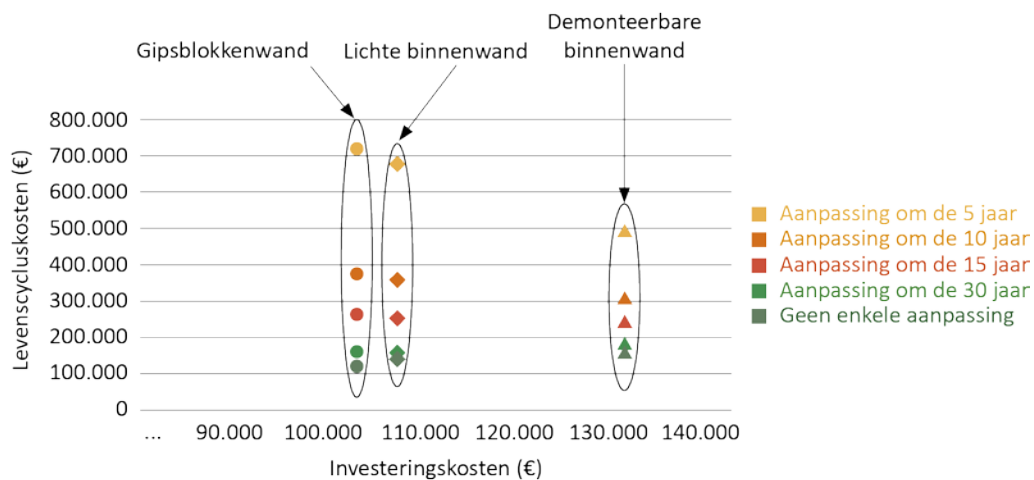
Een andere economische uitdaging ligt in de analyse van de kostprijs van het ontwerp in lagen en de aanpasbaarheid van gebouwen. De economische analyse van de levenscyclus van een kantoorgebouw (afbeelding 37) toont aan dat de investeringskosten (61 %) en de onderhoudskosten (26 %) verantwoordelijk zijn voor het grootste aandeel in de kosten. De belangrijkste kosten worden in de loop van de verschillende levensfasen van het gebouw echter niet door dezelfde componenten teweeggebracht. De grootste investeringskosten worden bijvoorbeeld teweeggebracht door de installaties (HVAC, elektriciteit, verlichting, liften) (30 %) en de structuur (28 %), terwijl de installaties vrijwel de helft (47 %) van de onderhoudskosten uitmaken. De kosten aan het einde van de levenscyclus (afbraak en afvalverwerking) hebben slechts een beperkte impact op de totale levenscycluskosten (minder dan 1 %). Omdat ze pas na 60 jaar gemaakt worden, wegen ze minder zwaar door in de balans (tijdswaarde van geld).



Afb. 37 Verdeling van de levenscycluskosten van een gebouw (bron: WTCB) [32].



Het WTCB heeft de toepassing van demonteerbare scheidingswanden bestudeerd (afbeelding 38), door ze te vergelijken met twee varianten (scheidingswanden uit gipsblokken en lichte, niet-demonteerbare scheidingswanden). Voor elke variant werd er uitgegaan van verschillende scenario's waarbij de indeling van het gebouw ofwel gewijzigd werd na 5, 10, 15 of 30 jaar, dan wel tijdens de hele periode ongewijzigd bleef. Het is logisch dat de bijkomende investering enkel afgeschreven zal kunnen worden indien er een minimaal aantal aanpassingen doorgevoerd worden. Als men geen enkele aanpassing over de beschouwde periode doorvoert, of slechts één enkele (groene waarden), dan is het niet interessant om extra middelen te investeren in demonteerbare wanden (hogere levenscycluskosten). Als men het gebouw daarentegen minstens één keer om de 15 jaar aanpast, dan zullen de aanpassingskosten alsmaar hoger worden en blijken de demonteerbare wanden wel rendabel (rode waarden).



Afb. 38 Vergelijking van de levenscycluskosten en de investeringskosten voor verschillende types scheidingswanden in functie van de aanpassingsfrequentie (bron: WTCB) [32].

## 4. Urban mining

*“Imagine an economy in which today’s goods are tomorrow’s resources, forming a virtuous cycle that fosters prosperity in a world of finite resources.”*

Ellen MacArthur (Founder of the Ellen MacArthur Foundation, 2012)

Tegen 2050 zal naar verwachting 70 % van de wereldbevolking in een stad of verstedelijkt gebied wonen. Gelet op hun concentratie aan bevolking, economische activiteit, productie en consumptie vormen steden een plaats waarin zowel de problemen als de oplossingen op het vlak van duurzaamheid verenigd zijn: grondstoffen, afval, klimaat ...

Verstedelijking vereist enerzijds grote hoeveelheden materialen in de bouw-, onderhouds- en vervangingsfase. Anderzijds zorgt de stedelijke ontwikkeling ook voor reservoirs aan materialen die door middel van ‘stedelijke ontginning’ of *urban mining* teruggewonnen kunnen worden. In de echt duurzame steden van de toekomst zal er geen onderscheid meer gemaakt worden tussen afvalstoffen en materialen. Ze zullen geleidelijk aan uitgroeien tot de mijnen van de toekomst en dit, terwijl de traditionele mijnen uitgeput zullen raken.

Het merendeel van de grondstoffen die nodig zijn voor de productie van bouwmaterialen is in grote hoeveelheden te vinden in onze stedelijke omgeving. Het analyseren en inschatten van het volume, de aard en de ruimtelijke spreiding (vooral in stedelijke gebieden) van de beschikbare materialen vormt bijgevolg een essentiële stap in de zoektocht naar oplossingen voor de uitdagingen die geboden worden door de stedelijke duurzaamheid.

Om afvalstoffen als grondstoffen te kunnen beschouwen en de bebouwde omgeving als een potentiële bron van materialen, is er binnen de bouw- en sloopsector een verandering van aanpak nodig. Wanneer er overwogen wordt om een gebouw te slopen, is het belangrijk voldoende tijd, ruimte en mankracht te voorzien om de gebouwcomponenten en materialen op selectieve wijze te ontmantelen. Deze selectieve ontmanteling moet voorafgegaan worden door een inventarisatie van de af te breken elementen en materialen.

Het creëren van een actieve markt voor de recuperatie van materialen en componenten zou de kosten voor de ontmanteling, de opslag en de herverkoop kunnen dekken. Hiertoe moeten de hergebruikte materialen echter wel in voldoende mate beschikbaar zijn, aantrekkelijk zijn en gecertificeerd zijn als geschikt voor hergebruik.

Bij circulair bouwen worden de (bestaande en toekomstige) gebouwen als een materiaalvoorraad bekeken. Daar waar de restwaarde van de bebouwde omgeving vandaag de dag als negatief beschouwd wordt omdat we moeten betalen voor de sloop ervan, zou een paradigmaverschuiving ertoe kunnen leiden dat de aanwezige bouwelementen als waardevol aanzien worden, gelet op hun potentieel voor ontmanteling, *remanufacturing*, hergebruik of recycling.

In het voorgaande hoofdstuk werd beschreven hoe gebouwen ontworpen kunnen worden om aan het einde van hun levenscyclus een positieve waarde over te houden waardoor ze aanpasbaar worden en de materialen en componenten die ze bevatten gerecupereerd kunnen worden. Dit vermogen om gedemonteerd te worden stelt de gebouwen in staat om



opnieuw opgetrokken te worden op een andere plaats of voor een nieuw gebruik en laat toe om de onderdelen te recupereren, te hergebruiken of te hervervaardigen.

Deze acties zorgen er op hun beurt voor dat we minder afhankelijk worden van de grondstoffen en dat er op lokaal niveau banen gecreëerd worden. Indien ze niet hergebruikt worden, kunnen de gerecupereerde of ontmantelde materialen gerecycleerd worden met het oog op hun herintegratie in de productiecyclus.

Door zich te concentreren op de materiaalstromen uit het bestaande gebouwenpark, definieert dit hoofdstuk de beginselen van de sloopinventaris, van de selectieve sloop, van de *remanufacturing*, van de voorbereiding tot hergebruik en van recyclage.

## 4.1 Principes van *urban mining*

### 4.1.1 Conservatiestrategieën voor het bestaande gebouwenpark

#### 4.1.1.1 Beschrijving

Gebouwen moeten tijdens hun leven onvermijdelijk bepaalde wijzigingen ondergaan, omdat ook de verwachtingen van de bewoners en de prestatie-eisen die eraan gesteld worden evolueren. Men onderscheidt twee grote interventiestrategieën: sloop – men verkiest veelal de term ontmanteling (zie § 4.1.3) – wanneer het gebouw niet meer aangepast kan worden, of een (al dan niet zware) renovatie in de andere gevallen.

De beslissing om een gebouw onder handen te nemen – ongeacht de gekozen strategie – is een complex proces, omdat men hierbij zowel rekening dient te houden met milieugerelateerde, culturele als economische overwegingen.

Vanuit het oogpunt van de circulaire economie geniet het de voorkeur om de bestaande gebouwen en structuren zoveel mogelijk te behouden en hierop verder te bouwen via creatieve oplossingen om meerwaarde te creëren.

Welke optie men ook kiest, zal het nodig zijn om de graad van conservatie (esthetisch, fysisch, mechanisch ...) van het element (materiaal, wanden, gebouw) te beoordelen alvorens men zal kunnen overgaan tot enige interventie.

#### 4.1.1.2 Voorbeelden en goede praktijken

LOODTOREN – Bureau d'Engineering et d'Architecture industrielle BEAI (Brussel, 2017)

##### Idee

De renovatie en bestemmingswijziging van een industrieel gebouw, met een zo groot mogelijke handhaving van het bestaande.





## Uitvoering

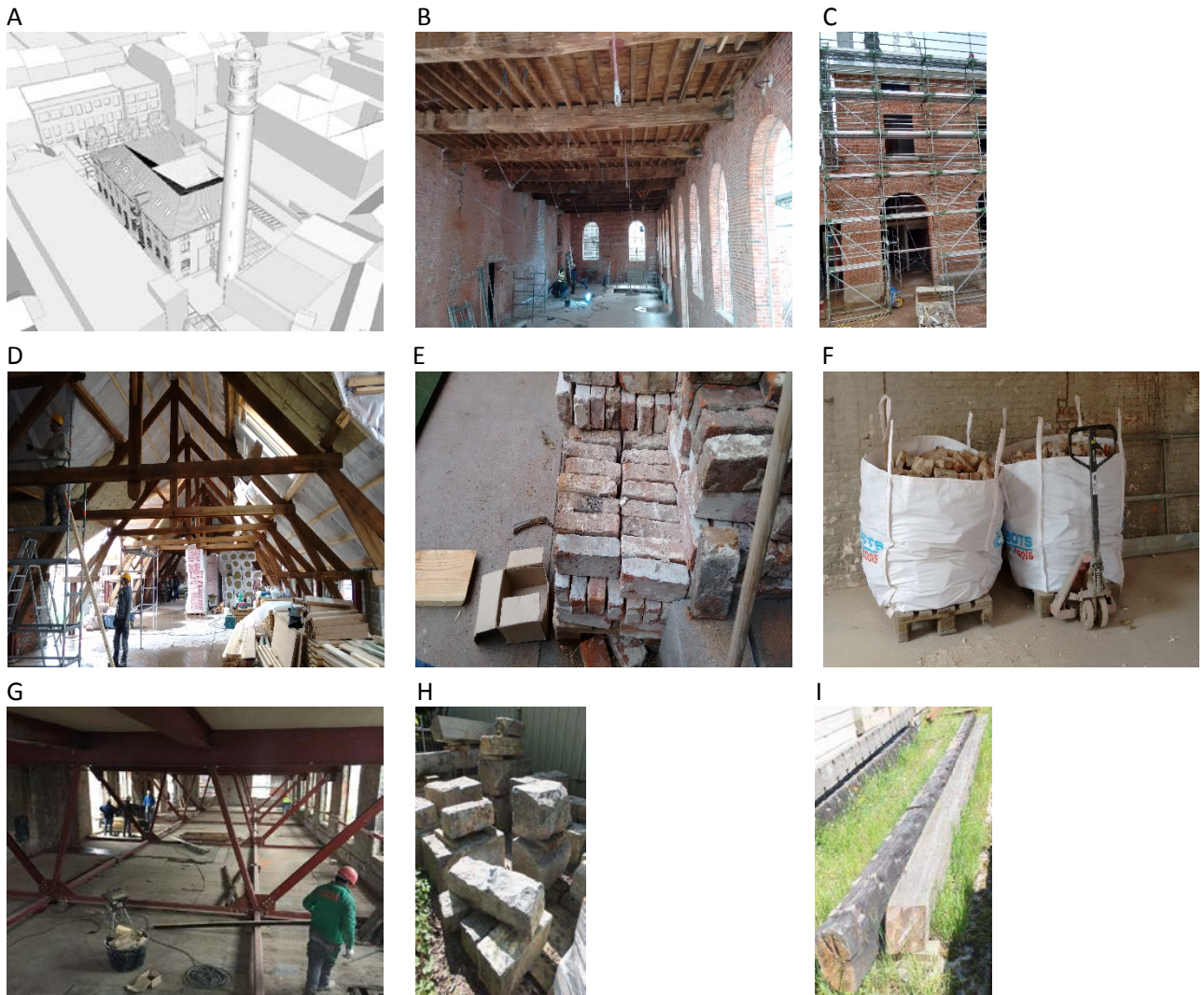
Het project dat weerhouden werd voor deze oude industriële site die voorzien was om gesloopt te worden, omvat de renovatie en omvorming ervan tot een schoolgebouw, gekoppeld aan een polyvalente zaal, een toneel- of cinemazaal, een gymnastiekzaal, kantoren en een bibliotheek. Het omvat evenzeer de restauratie van de loodtoren (geklasseerd monument) en de inrichting van de speelplaats en de tuin. Het project wordt gekenmerkt door:

- het hergebruik van de bestaande materialen: hergebruik *in situ* van de oude bakstenen (30 à 40 m<sup>3</sup> baksteen werd gerecupereerd en gereinigd met het oog op het hergebruik ervan) (afbeelding 39 E en F), versterking van het bestaande timmerwerk (afbeelding 39 B en D), omvorming van de balken en baddingen tot meubels en deuren (afbeelding 39 I), herstelling van oude balken, ontdebbling van de houten vloeren door metalen trekankers (afbeelding 39 B)
- de aanpasbaarheid van de plannen en een ingenieuze constructie met als oogmerk om de eventuele latere reconversie van het gebouw mogelijk te maken: om het grondplan van het gelijkvloers zo veel mogelijk te openen en zodoende het gebruik ervan als toneel- of cinemazaal toe te laten, moesten de oude kolommen die dienst deden als tussensteunpunt verwijderd worden; om de vloer met grote erfgoedwaarde te kunnen behouden, werd er beslist om de steunbalken op te hangen aan metalen elementen die tussen de tweede en de derde verdieping aangebracht werden (afbeelding 39 G)
- het aanbrengen van een groendak op gerecupereerde structurele elementen
- een belangrijke fase van decontaminatie, asbestverwijdering en behandeling van de beschadigde materialen.

Uit het project is gebleken dat de gerecupereerde met kalk vermetselde bakstenen perfect hergebruikt konden worden met een bastaardmortel (kalk-cementmengsel). Deze meer hedendaagse bouwtechniek biedt een alternatief voor de klassieke uitvoering met metselmortel.

Verder werden bepaalde dorpels uit blauwe hardsteen die bij de renovatie blootgelegd werden, hergebruikt bij de herinrichting van de speelplaats (afbeelding 39 H).





Afb. 39 Renovatie en bestemmingswijziging van de Brusselse Loodtoren  
(bron: BEAI, Entreprises Jacques Delens & WTCB) [110].

## 4.1.2 Afvalstoffen- of sloopinventaris

### 4.1.2.1 Beschrijving

De sloopinventaris is een essentiële stap alvorens men kan overgaan tot een selectieve ontmanteling <sup>(12)</sup> van bouwelementen (zie § 4.1.3). Deze inventaris heeft als oogmerk om de valorisatiemogelijkheden van elk type materiaal en/of elk product dat aanwezig is in het gebouw te beoordelen. Hij bestaat uit een gedetailleerd overzicht van de elementen en materialen en is gebaseerd op een analyse van alle beschikbare gebouwgerelateerde documenten (zie punt 4.c hierna). Opdat de inventaris relevant zou zijn, moet de opdrachtgever deze voor zijn rekening nemen en vervolgens ter beschikking stellen van de

<sup>(12)</sup> In Vlaanderen is het uitvoeren van een sloopinventaris een wettelijke verplichting sinds mei 2009 en dit, voor alle gebouwen en installaties met een volume van meer dan 1000 m<sup>3</sup> die niet beperkt zijn tot een louter residentiële functie (<http://www.vlaanderen.be/nl/natuur-en-milieu/afval/sloopinventaris-afvalstoffen>).



aannemer voor de sloopwerken. Deze inventaris kan immers dienen voor het plannen en optimaliseren van de verschillende ontmantelings- of sloopfasen.

Een sloopinventaris kan uitgevoerd worden in verschillende stappen:

1. *inventaris van de contaminanten*: deze stap bestaat erin de gevaarlijke stoffen te identificeren (bv. asbest, teer, pcb's, minerale oliën, zware metalen ...) en manieren te zoeken om deze op een gepaste manier uit de keten te verwijderen
2. *inventaris van de herbruikbare elementen*: het gaat erom alle elementen te identificeren die een zeker hergebruikspotentieel hebben (zie § 4.1.5). Deze identificatie vereist een zekere expertise en een goede kennis van de markt
3. *slooptest (facultatief)*: deze zou uitsluitend moeten geven over het recupereerbare karakter van de als herbruikbaar geïdentificeerde elementen. Zodoende kan de aannemer te weten komen met welke moeilijkheden hij te kampen kan krijgen bij de sloop en in welke apparatuur hij dient te voorzien
4. *de eigenlijke sloopinventaris*: deze laat toe om de in het gebouw aanwezige materialen te kwantificeren en de stromen te identificeren die geactiveerd moeten worden voor de behandeling ervan (afvoer naar de stortplaats, verbranding, recyclage of hergebruik). De inventaris verloopt gewoonlijk in vier stappen:
  - a. *onderzoek 'off site'*: verzameling en analyse van alle gebouwgerelateerde documenten (plannen, doorsnedes, meetstaten, bestekken van het originele gebouw, 'as-built'-plannen, bouw- en milieuvergunning, andere voorafgaandelijke inventarissen (bv. asbest), interviews met de vorige gebruikers, historische documenten, topografische kaarten, luchtfoto's ...)
  - b. *onderzoek in situ*: bezoek aan het gebouw met beoordeling ter plaatse van de aandachtspunten die de kop opstaken tijdens de analyse van de documenten, doen van vaststellingen en van metingen; eventueel nemen van stalen voor het analyseren van bepaalde materialen die verontreinigd zouden kunnen zijn of hergebruikt zouden kunnen worden na het uitvoeren van specifieke metingen (bv. warmtegeleidbaarheid van een isolatiemateriaal). Deze fase kan ook de slooptest omvatten
  - c. *de inventarisatie*: het opnemen in een tabel van alle verzamelde gebouwgerelateerde informatie. Naarmate er meer dergelijke informatie voorhanden is, zal ook de analyse verder doorgedreven zijn. De te verzamelen informatie moet ten minste de volgende gegevens omvatten: het materiaaltipe, de fractie, de stromen, het type element, de Eural-code <sup>(13)</sup>, de verdieping (ligging), het aantal, de lengte, hoogte/dikte, breedte/dikte, oppervlakte, volume, massa, het mogelijke verwerkingstraject (hergebruik, recyclage, verbranding, afvoer naar de stortplaats)
  - d. *de analyse van de inventaris*: deze analyse omvat verschillende criteria (economisch, technisch en praktisch) en kan de aannemer helpen om te beoordelen in hoeverre de selectieve sloop van (een deel van) het gebouw rendabel is in vergelijking tot de klassieke afbraak ervan.

---

<sup>(13)</sup> De Europese afvalstoffenlijst klasseert al het afval volgens de activiteit of de sector waaruit het afkomstig is, met vermelding van de aard ervan. Elke afvalstof beschikt over een Eural-code van zes cijfers, waarbij de eerste twee toelaten om de activiteit of de productiesector te identificeren. Voor bouwafval begint de code met 17.



#### 4.1.2.2 Voorbeelden en goede praktijken

Zie hiervoor de voorbeelden die gegeven worden in § 4.1.3. Deze voorbeelden weerspiegelen de nauwe link die er bestaat tussen de inventarisering en de ontmanteling.

#### 4.1.3 Selectieve sloop

##### 4.1.3.1 Beschrijving

Om te kunnen beschikken over materialen en producten die het einde van hun leven bereikt hebben of om hun terugkeer in een nieuwe levenscyclus aan te moedigen, is het essentieel dat men kan ingrijpen aan de bron, door een zorgvuldige en selectieve ontmanteling van de bouwelementen.

De belangrijkste doelstellingen van selectieve ontmanteling zijn het optimaal hergebruiken of valoriseren van het merendeel van de elementen die afgebroken of vernieuwd zullen worden.

Hiertoe is er een selectieve verwijdering en een sortering aan de bron nodig van het merendeel van de elementen die opgenomen zijn in de inventaris (zie § 4.1.2) en dit, om te komen tot redelijk homogene afvalstromen die optimaal gevaloriseerd kunnen worden. Voor de ontmantelingsfase van de elementen zijn er specifieke inzameltools en -middelen nodig die aangepast zijn aan het te ontmantelen element<sup>(14)</sup> <sup>(15)</sup>.

De selectieve sloop heeft twee doelen voor ogen.

##### 1. Een betere sortering op de bouwplaats

Europa legt hoge recyclagegehalten op. Daar waar de fractie inert afval, die toch de grootste is, in België vandaag al goed gerecycleerd wordt, ligt de valorisatiegraad van het grootste deel van het niet-steenachtige en/of niet-inerte afval nog aan de lage kant. Deze stromen worden vaak met elkaar gemengd en de behandeling ervan bestaat dikwijls uit verbranding of storten. De selectieve sloop van deze materialen zou een optimale valorisatie moeten bevorderen en bijgevolg het valorisatiepercentage van dit afval verhogen. In de loop van een renovatieproject zou de mogelijkheid om bepaalde elementen of materialen te recupereren en te hergebruiken beoordeeld moeten worden tijdens de inventarisatiefase die voorafgaat aan de sloopfase (zie § 4.1.2). Deze stap laat toe om de hoeveelheid op de bouwplaats aanwezige grondstoffen te maximaliseren en de afvalproductie te verminderen.

---

<sup>(14)</sup> Op de website van het Brussels Beroepsreferentiecentrum voor de Bouwsector staan een aantal praktische fiches ter beschikking die een handleiding vormen voor de demontage van bepaalde bouwmaterialen met het oog op hun hergebruik (<http://www.cdr-brc.be> en <http://reuse.brussels/>).

<sup>(15)</sup> In het kader van het DEMOCLES-project (<http://www.recylum.com/democles/democles.html>) werden er een aantal praktische fiches met methodologische aanduidingen voor het verwijderen van elementen of uitrustingen opgesteld (kamerbreed tapijt, plinten, faïence, houten muurbedekkingen, muurbedekkingen uit faïence, plafonneerwerken, schrijnwerken, sanitair, elektrische kabelgoten, scheidingswanden ...).



## 2. Een ontmanteling met het oog op hergebruik

Om te kunnen beslissen of een bouwelement dat aanvankelijk voorzien was om afgebroken te worden, ontmanteld kan worden met het oog op een mogelijk hergebruik, moet er aan verschillende criteria voldaan zijn:

- *economische criteria*: de economische waarde van een element kan in twee belangrijke posten onderverdeeld worden: de levering van de materialen en de kostprijs voor de plaatsing. Daar waar de plaatsingskosten niet meer te recupereren zijn, vertegenwoordigt de post 'materialen' een kapitaal waarvan de waarde vergeleken moet worden met de investeringen die noodzakelijk zijn om het hergebruik (demontage, verpakking, transport, opslag ...) voor te bereiden en met de waarde van een nieuw gelijkwaardig materiaal
- *technische criteria*:
  - toxiciteit: een verontreinigd element is in principe ongeschikt voor hergebruik
  - het behoud van de mechanische eigenschappen: gedegradeerde elementen of elementen waarvan de demontage riskant is, hebben geen hergebruikspotentieel
  - het behoud van de esthetische eigenschappen: de slijtage van een element kan het hergebruik ervan aanmoedigen of ontmoedigen (een 'doorleefd' element wordt vaak gewaardeerd, terwijl een bekrast element vaak weggegooid wordt)
  - de mogelijkheid om het materiaal te verwerken, te vervoeren en op te slaan: sommige elementen (zoals inerte materialen) vereisen geen bijzondere opslagomstandigheden, wat de ontmanteling ervan kan bevorderen
  - eenvoudig hergebruik van de materialen: een goede documentering tijdens de ontmantelingswerken kan nuttig zijn bij het bepalen van de manieren waarop de elementen opnieuw toegepast kunnen worden
  - het gemak om gedemonteerd te worden: de bevestigingen van de elementen moeten omkeerbaar en toegankelijk zijn; het element moet gemakkelijk verplaatsbaar zijn binnen het gebouw
- *andere criteria*:
  - herhaling van elementen: een element dat in veel gebouwen in beperkte hoeveelheden aanwezig is, kan het interessant maken voor hergebruik, waardoor het een permanente en stabiele 'ontginningsplaats' kan vormen
  - normatieve veranderingen: deze kunnen de ontmanteling van technisch verouderde elementen uitsluiten
  - erfgoedwaarde: deze kan de ontmanteling van de betrokken elementen bevorderen.

### 4.1.3.2 Voorbeelden en goede praktijken

#### TIVOLI – BELGACOMGEBOUW (Brussel – 2016)

##### Doel

Het – door de selectieve ontmanteling van een gebouw – onttrekken van een geheel van elementen die aanvankelijk voorzien waren om gesloopt te worden (muur- en vloerbekledingen, sanitair ...) met het oog op het hergebruik ervan.





## Uitvoering

Het doel werd bereikt in drie stappen: opstelling van een sloopinventaris, ontmanteling van de voor hergebruik geïdentificeerde materialen en opmaak van de balans van de operatie.

- *Inventaris* (afbeelding 40 A)

Deze eerste fase had tot doel om de elementen die op of buiten het terrein hergebruikt zouden kunnen worden, te identificeren en te kwantificeren. De samenvattende tabel uit afbeelding 40 bevat niet alleen een fotoreportage, maar ook een overzicht van het type element en de locatie ervan, de te recupereren hoeveelheid (in oppervlakte) en de geschatte totale massa. Vervolgens werden er proeven uitgevoerd om het werkelijke ontmantelingspotentieel van de geïnventariseerde materialen te bevestigen. Deze fase stelt het ontmantelingsbedrijf in staat om de te ontmantelen elementen te valideren en om zijn werkzaamheden te plannen (mankracht, type gereedschap, duur ...).

- *Ontmanteling*

Deze tweede fase, die de eigenlijke ontmantelingswerken omvat, bestaat uit verschillende stappen:

- de ontmanteling (afbeelding 40 B, C en D): dit is de fase waarin de te ontmantelen elementen losgemaakt worden. Bij dit project werd deze stap uitgevoerd door laaggeschoolde werkzoekende arbeiders
- voorbereiding vóór de verpakking (afbeelding 40 E en F): tijdens de ontmantelingsfase kan er een (soms aanzienlijk) deel van de materialen per ongeluk beschadigd of vernield raken, wat het latere hergebruik ervan verhindert. Op deze bouwplaats kregen de arbeiders voorbeelden van materialen die ongeschikt waren voor hergebruik te zien en dit, enerzijds om hen te sensibiliseren voor de uitvoering van hun werk en anderzijds om de verpakking van de elementen voor te bereiden
- verpakking en verwijdering (afbeelding 40 G en H): de ontmantelde elementen die geschikt zijn voor hergebruik worden verpakt en in gemakkelijk te hanteren containers geplaatst met het oog op hun verwijdering
- voorbereiding voor verkoop of voor hergebruik (afbeelding 40 I, J en K): terug bij het ontmantelingsbedrijf worden de teruggewonnen materialen schoongemaakt, geïnventariseerd en bestudeerd in historisch opzicht om ze zo goed mogelijk te karakteriseren met het oog op hun wederverkoop.

- *Balans*

Voor de algemene aannemer is de balans vrij neutraal, aangezien de hoeveelheid teruggewonnen en (in dit geval) door de ontmantelaar afgevoerde materialen een (klein) bedrag vertegenwoordigt dat hij niet zal moeten betalen voor de sloop en de verwijdering, zoals wel het geval is bij een klassieke sloop (wat voor deze bouwplaats aanvankelijk voorzien was). Voor het ontmantelingsbedrijf: hoewel de ontmantelingsfase (in dit geval) met eigen middelen gefinancierd is, wordt de operatie gecompenseerd door de wederverkoop van kwaliteitsvolle en zorgvuldig ontmantelde bouwmaterialen. De architect werd op zijn beurt gesensibiliseerd voor het hergebruikspotentieel van de vloerbekleding en heeft zijn klanten kunnen overtuigen van het belang om deze te hergebruiken op de bouwplaats. De balans is dus positief op verschillende niveaus: de hergebruikte bekledingen hebben een aankoop prijs die (in dit geval) vergelijkbaar is met deze van een gelijkwaardige nieuwe bekleding, de milieu-impact is lager en het erfgoedaspect is een toegevoegde waarde.



## Opmerkingen

Deze selectieve ontmanteling met het oog op hergebruik was mogelijk door het samenspel van een aantal voorwaarden: afstemming van de planning tussen de bedrijven, goede wil van de opdrachtgever, pilootproject ...

A

		Type d'élément	Quantité à récupérer	Masse (éval.)
V		Carrelage céramique 10x10 cm, damier rouge / beige moucheté	200 m <sup>2</sup> (>400 m <sup>2</sup> en tout dans le bâtiment, ~50 % de perte au démontage)	5600 kg
V		Carrelage mural émaillé jaune	140 m <sup>2</sup> (~190 m <sup>2</sup> en tout dans le bâtiment)	3100 kg
V		Tablettes de fenêtre en marbre, épaisseur 2 cm	Min. 60 m courants (tout)	850 kg

B



C



D



E



F



G



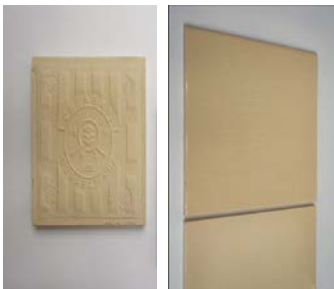
H



I



J



K



Afb. 40 Selectieve ontmanteling en voorbereiding voor hergebruik (bron: WTCB en ROTOR).



## NIEUW NAVO-HOOFDKWARTIER TE BRUSSEL: SLOOPINVENTARIS

### Idee en uitvoering

Volgens de schattingen zou er bij de afbraak van de oude legerbasis Albert I te Evere met het oog op de bouw van het nieuwe NAVO-hoofdkwartier een volume van niet minder dan 200.000 m<sup>3</sup> inert afval en steenpuin vrijkomen. In het kader van het Europese onderzoeksproject IRMA (*Integrated Decontamination and Rehabilitation of buildings, structures and MAterials in urban renewal*) werd onderzocht binnen welke context het financieel, ecologisch en praktisch interessant zou zijn om over te gaan tot de recyclage van deze hoeveelheid puin op de bouwplaats zelf en om het te hergebruiken als nieuwe grondstof.

Daar waar een sloopinventaris gewoonlijk tot doel heeft om de gecontamineerde elementen te identificeren en een correcte prijsaanvraag te kunnen indienen bij de sloopaannemers (eerlijke concurrentie), bleek in dit geval dat een goed opgestelde sloopinventaris ook een interessant uitgangspunt vormde voor het optimaliseren van het sloop- en recyclageproces. Zodoende werd er een inventaris opgemaakt van alle materialen die aanwezig waren in de betrokken gebouwen (meer dan 60). Het steenachtige afval werd in verschillende kwaliteitscategorieën ondergebracht: beton van zeer goede kwaliteit, beton van gemiddelde kwaliteit, gemengd steenafval, asfalt, cellenbeton ... Dit kwalitatieve onderscheid liet toe om een interessante 'on site'-oplossing te zoeken: gebruik van het beton afkomstig van geprefabriceerde elementen en wegen als granulaten in nieuw beton, gebruik van mengpuin in de onderfunderingen ... Men dient zich er echter wel van te vergewissen of deze hoeveelheden wel degelijk hergebruikt kunnen worden in het nieuwe gebouw.

Er werd eveneens een evaluatie gemaakt van de winsten op het vlak van kostprijs, transport en milieu-impact voor het geval dat de materialen op de bouwplaats zouden blijven in plaats van afgevoerd te worden per vrachtwagen. Dit laatste scenario impliceert immers dat er ook een volume van zo'n 200.000 m<sup>3</sup> nieuwe materialen (zand, granulaten ...) naar de bouwplaats aangevoerd moet worden. De optie die uiteindelijk weerhouden werd door het projectmanagementteam was het behoud van de materialen op de bouwplaats, aangezien er hierbij niet alleen 2 miljoen euro bespaard werd, maar ook 350.000 km transport.

### Aandachtspunten

Het betreft hier uiteraard een uitzonderlijk project van uitzonderlijke omvang. Een optimalisering behoort echter steeds tot de mogelijkheden, zelfs voor kleinere projecten (vanaf 20.000 ton afval). Het projectmanagementteam van het Belgische leger beschouwde de sloopfase niet als een last en als een productie van 'afval', maar eerder als een opportuniteit en een productie van nieuwe grondstoffen voor de bouwplaats.







Afb. 41 Sloopinventaris voor het nieuwe NAVO-hoofdkwartier te Evere (bron: WTCB, NAVO PMT, Belgisch leger).

### SELECTIEVE SLOOP: EEN BRON VAN NIEUWE GRONDSTOFFEN

Het Nederlandse bedrijf Dusseldorp tracht zich via een doorgedreven materiaalsortering op sloopwerven te onderscheiden van zijn concurrenten. Traditioneel worden sloopwerken zo snel en efficiënt mogelijk uitgevoerd, en worden er 4 grote afvalstromen onderscheiden: steenachtig afval, houtafval, ijzerhoudend afval en ander materiaalafval. Dusseldorp tracht 24 aparte stromen te creëren op de bouwplaats, om deze vervolgens rechtstreeks af te voeren naar verschillende partijen die deze materialen als grondstoffen kunnen gebruiken. Zo wordt het hout niet meer in één grote container gegooid, waardoor deze een mix is van A- (zuiver onbehandeld hout) B- (behandeld hout of houtspaanplaten) en C-hout (geïmpregneerd, verontreinigd hout) dat slechts moeilijk gevaloriseerd kan worden, maar wordt er een bijkomende opsplitsing gemaakt, waardoor het A-hout gerecycleerd kan worden en het B-hout hergebruikt. Rekening houdend met de stijgende prijzen voor houtafval zou deze inspanning op termijn rendabel moeten worden.



Afb. 42 Sortering van houtafval op de bouwplaats (bron: Dusseldorp) [122].

## MAISON DES ASSOCIATIONS te ESNEUX & SCHOOLGEBOUW in EIGENBRAKEL – Atelier d'architecture Alain Richard

### Idee

Hoewel beide renovatieprojecten van elkaar verschillen, heeft de architect wel bijzondere aandacht besteed aan de zorgvuldige ontmanteling van de elementen die geschikt waren voor hergebruik ter plaatse.

### Uitvoering

Deze insteek kwam in beide projecten als volgt tot uiting:

- de opmaak van een inventaris van de met zorg te ontmantelen elementen (afbeelding 43 A tot F): signalisatie-elementen, ramen, sanitair, verwijderbare wanden, tapijttegels
- de selectieve ontmanteling van deze elementen en hun specifieke verpakking; de tapijttegels werden bijvoorbeeld zorgvuldig opgeslagen op pallets (afbeelding 43 E)
- de integratie van specifieke bepalingen inzake de ontmanteling en het hergebruik in de verschillende bestekken en beschrijvende meetstaten (afbeelding 43 G, H en I).

A



B



C



D



E



F



G

Cahier spécial des charges n°075

### CLAUSES ADMINISTRATIVES

#### CGC Art. 33. : DÉMOLITIONS

L'attention des adjudicataires des lots 1, 2 et 3 est dès à présent attirée sur la nécessité de maintenir au chantier certains éléments issus du démontage, notamment des cloisons, de sorte à les remettre en œuvre dans le cadre du chantier. Ces éléments sont définis au métré descriptif.





**C.T. 070 DEMOLITIONS, DEMONTAGES ET PERCEMENTS**

Toute démolition implique l'évacuation de tout détritit et tout décombre, cependant certains matériaux précisés au métré descriptif sont destinés à être remis en œuvre dans le cadre du marché. Il sont alors soigneusement stockés ou mis en dépôt sur une aire qui leur est réservée, et protégés au besoin.

I

**2 PREMIER ŒUVRE****2.1 DEMONTAGES**

Sauf stipulation contraire,

- les éléments démontés qui ne doivent pas être remis en œuvre deviennent propriété de l'adjudicataire et doivent être évacués hors du chantier. L'évacuation éventuelle est incluse dans le prix de l'article
- les éléments qui doivent être remis en œuvre et qui sont renseignés comme tels sont entreposés et protégés dans un endroit du chantier à soumettre à l'auteur du projet.

Afb. 43 Ontmanteling en hergebruik van elementen op de bouwplaats  
(bron: aa-ar, Atelier d'architecture Alain Richard) [103, 104].

**4.1.4 Remanufacturing****4.1.4.1 Beschrijving**

Bij *remanufacturing* (hervervaardiging) wordt het gebruikte bouwelement terug op het kwaliteitsniveau van een nieuw product gebracht en beantwoordt het aan de specificaties van het oorspronkelijke product. Vaak wordt er ook terug een garantie op gegeven. Een hervervaardiging gaat dus verder dan een loutere opknapbeurt (*refurbishment* in het Engels) of een voorbereiding voor hergebruik (zie § 4.1.5). In het laatste geval wordt het gebruikte element op een aanvaardbaar kwaliteitsniveau gebracht en onderworpen aan een aantal minder ingrijpende, eerder 'esthetische' bewerkingen, zoals het aanbrengen van een nieuwe coating of verflaag. *Remanufacturing* maakt het dus mogelijk om het product een tweede leven te geven dat identiek is aan het eerste.

Dit proces omvat meerdere stappen. De eerste bestaat uit het zo zorgvuldig mogelijk ontmantelen van de bouwelementen, waarna deze zodanig geïnspecteerd en gesorteerd worden dat alleen producten met het hoogste potentieel om terug op de markt gebracht te worden weerhouden worden. De elementen worden vervolgens gereinigd (meestal industrieel), eventueel hersteld, opnieuw geconfigureerd en herverpakt. Men kan er tevens nieuwe functionaliteiten aan toekennen. De producten worden onderworpen aan proeven en kwaliteitscontroles alvorens ze op de markt gebracht worden. Ten slotte worden ze geassembleerd en eventueel gecombineerd met nieuwe en gerepareerde elementen.



Gelet op de snelle technische evolutie en de levensduur van bouwproducten kan hun vermogen om opgeknapt te worden beperkt zijn. Voor bepaalde producten met een grote architecturale en historische waarde (bv. guillotineramen) bestaat er niettemin een grote markt. Ze zijn immers erg duurzaam en kunnen na een opknapbeurt (herstelling en vervanging van bepaalde technische elementen) met winst verkocht worden en in overeenstemming gebracht met de nieuwe eisen (bv. toevoeging van dubbele beglazing).

Om hervervaardigd te kunnen worden, moet een product dus aan meerdere criteria voldoen:

- het moet gedemonteerd en opnieuw gemonteerd kunnen worden; hiertoe kunnen montage-/demontage-instructies nodig zijn die goed bewaard moeten worden
- het moet eventueel gestandaardiseerd zijn en de onderdelen en componenten ervan moeten uitwisselbaar zijn
- de technologieën die erin ingewerkt zijn, moeten weinig evolutief zijn of aangepast kunnen worden aan wijzigingen op normatief vlak
- de toegevoegde waarde van het gebruikte product moet hoog zijn
- de aanschafkosten (m.a.w. de ontmantelingskosten) moeten laag zijn in vergelijking met de toegevoegde waarde ervan.

#### 4.1.4.2 Voorbeelden en goede praktijken

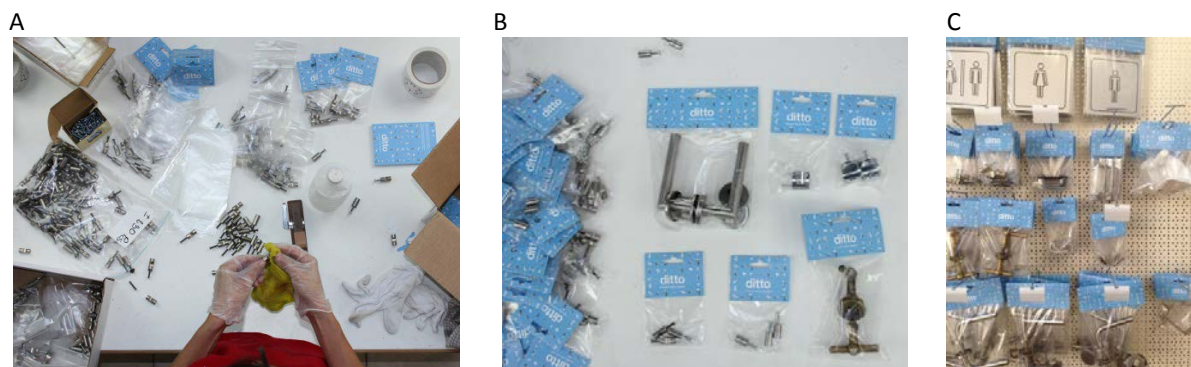
##### DITTO-BESLAGMODELLEN – Rotor

###### Concept

Het gebruik van gerecupereerde materialen vergemakkelijken door het op punt stellen van geschikte distributiesystemen.

###### Uitvoering

Ditto is een kwaliteitslabel voor gerecupereerde, herstelde en weer in goede staat gebrachte materialen. Elk product wordt gereinigd en geklasseerd (afbeelding 44 A). Enkel de elementen die door de fabrikant beschouwd worden als van even goede kwaliteit als het nieuwe product, worden ingepakt en van een etiket met een streepjescode voorzien (afbeelding 44 B). De hervervaardigde en weer in goede staat gebrachte elementen worden lokaal ingezameld en over het algemeen 30 tot 50 % goedkoper verkocht dan gelijkwaardige nieuwe elementen. Ook beslagelementen kunnen weer in goede staat gebracht worden en te koop aangeboden worden naast nieuwe stukken (afbeelding 44 C).



Afb. 44 Recupereatie en terug in goede staat brengen van beslagelementen (bron: DITTO by Rotor DC) [121].



#### 4.1.5 Hergebruik en voorbereiding tot hergebruik

##### 4.1.5.1 Beschrijving

Hergebruik verwijst naar elke handeling waarbij materialen of producten opnieuw gebruikt worden voor hetzelfde doel als dat waarvoor ze ontworpen zijn.

Na de ontmanteling van de elementen volgt de voorbereiding voor hergebruik, die uit meerdere stappen bestaat: demontage, verpakking, transport, herstelling, voorbereiding en eventuele reiniging, documentatie, opslag, promotie en verkoop. De herstelling, voorbereiding en reiniging zijn handelingen die specifiek zijn voor elk van de voor hergebruik ontmantelde elementen. De voorbereiding voor hergebruik kan gebeuren via verschillende chemische (oplosmiddelen), mechanische (zandstralen, borstelen, schaven of kogelstralen) of thermische (verwarming of thermische schok) procedés.

Wanneer de materialen klaar zijn voor hergebruik, moeten ze op de markt toegepast kunnen worden, d.w.z. dat ze voorgeschreven, bevoorraad en uitgevoerd moeten kunnen worden. Het voorschrijven van hergebruikmaterialen staat nog in zijn kinderschoenen, wat niet wegneemt dat bepaalde opdrachtgevers het gebruik ervan voorschrijven via de bestekken <sup>(16)</sup> en de selectiecriteria van de projectontwerpers. De hoofdreden hiervoor is dat de handelingen voor hergebruik gewoonlijk uitgevoerd worden *in situ* in de fase van de gedeeltelijke (of totale) renovatie van het gebouw, op basis van overleg tussen de aannemer en de opdrachtgever die er een economisch en milieuvoordeel in ziet.

Er bestaan bevoorradingsplatformen voor hergebruikmaterialen die meerdere verkopers groeperen: Opalis (gids van professionele verkopers, catalogi van materialen, tools en praktische documenten), Youbric (verkoop en aankoop van tweedehandsmaterialen voor professionals en particulieren, tutorials ...), eBay en 2dehands.be (verkoop van tweedehandsmaterialen) <sup>(17)</sup>; bepaalde leveranciers bieden in hun rekken zelfs hergebruikmaterialen of -elementen aan naast de nieuwe producten.

De huidige trend in de hergebruiksector bestaat erin om zich te concentreren op materialen met een hoge toegevoegde waarde (van opmerkelijke makelij of met een grote erfgoedwaarde). Materialen uit het standaardgamma of van gemiddelde kwaliteit, zoals deuren, ramen of sanitair worden alsmaar minder aangeboden voor hergebruik. Bepaalde hoogwaardige materialen uit het typische architectonische erfgoed, zijn daarentegen wijdverbreid: blauwe hardsteen, keramische vloertegels, bakstenen, straatstenen ...

De gerecupereerde materialen zijn voornamelijk afkomstig van sloop- of renovatiewerven, wat kan leiden toe een verwerking van hun uitzicht of tot een wijziging van hun structurele karakteristieken. In tegenstelling tot nieuwe producten beschikken hergebruikmaterialen gewoonlijk niet over een garantie voor hun prestaties. Dit betekent dat de actoren in de bouw (architecten, aannemers en opdrachtgevers) zelf hun verantwoordelijkheid moeten

---

<sup>(16)</sup> Zie het 'Vade-mecum voor hergebruik buiten de bouwsite', opgesteld door Rotor en downloadbaar op: <http://opalis.be/nl/documentatie>.

<sup>(17)</sup> Opalis, <http://opalis.be/>; Youbric, <http://beta.youbric.be/fr/>; eBay, <http://www.befr.ebay.be/sch/Maison-Jardin-/11700/i.html>; 2dehands.be, <http://www.2ememain.be/construction/>



nemen. Een goede kennis van de geschiedenis van het materiaal (oorsprong, gebruik, demontagewijze ...) maakt het mogelijk om deze verantwoordelijkheid bewust te nemen.

#### 4.1.5.2 Voorbeelden en goede praktijken

##### VILLA WELPELOO – 2012 Architecten & Superuse Studio (Enschede, Nederland – 2010)

###### Concept

Het optrekken van een woning op basis van hergebruikmaterialen.

###### Uitvoering

Het bureau 2012Architecten streeft ernaar om zoveel mogelijk gebruik te maken van recuperatiemateriaal. Het gaat hiervoor op zoek naar afvalmaterialen die beschikbaar zijn in de buurt van bouwplaatsen in de ontwerpfase (zie Harvestmap, § 5.1.3.2). De geselecteerde materialen krijgen een nieuwe vorm en geven aanleiding tot het ontstaan van nieuwe bouwwijzen.

Het agentschap Superuse Studio maakt op zijn beurt gebruik van het PlatoWood-proces [147] ter verbetering van de kwaliteit van het gerecupereerde hout. Het zachte hout waaruit de kabelhaspels opgebouwd zijn, wordt thermisch behandeld om de kwaliteit ervan te verbeteren, de levensduur tot vijf keer te verhogen en er een goede stabiliteit en thermische isolatie aan toe te kennen. Het hout wordt gereinigd, verwarmd, gedroogd en behandeld met stoom, afkomstig van een naburige warmte-krachtcentrale. Dit proces vormt m.a.w. een goed voorbeeld van een industriële symbiose. Er wordt geen chemische behandeling aangebracht op het hout tijdens het proces en het heeft geen andere bescherming nodig in zijn tweede leven.

A



B



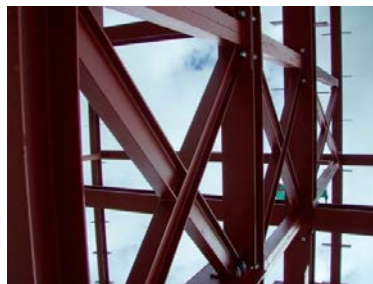
C



D



E



Afb. 45 Woongebouw, opgetrokken uit hergebruikmaterialen (bron: Villa Welpeloo – Building Revolutions en Superuse Studios) [17, 156].





## BEDZED – Bill Dunster (ZEDFactory) (Wallington, Engeland – 2002)

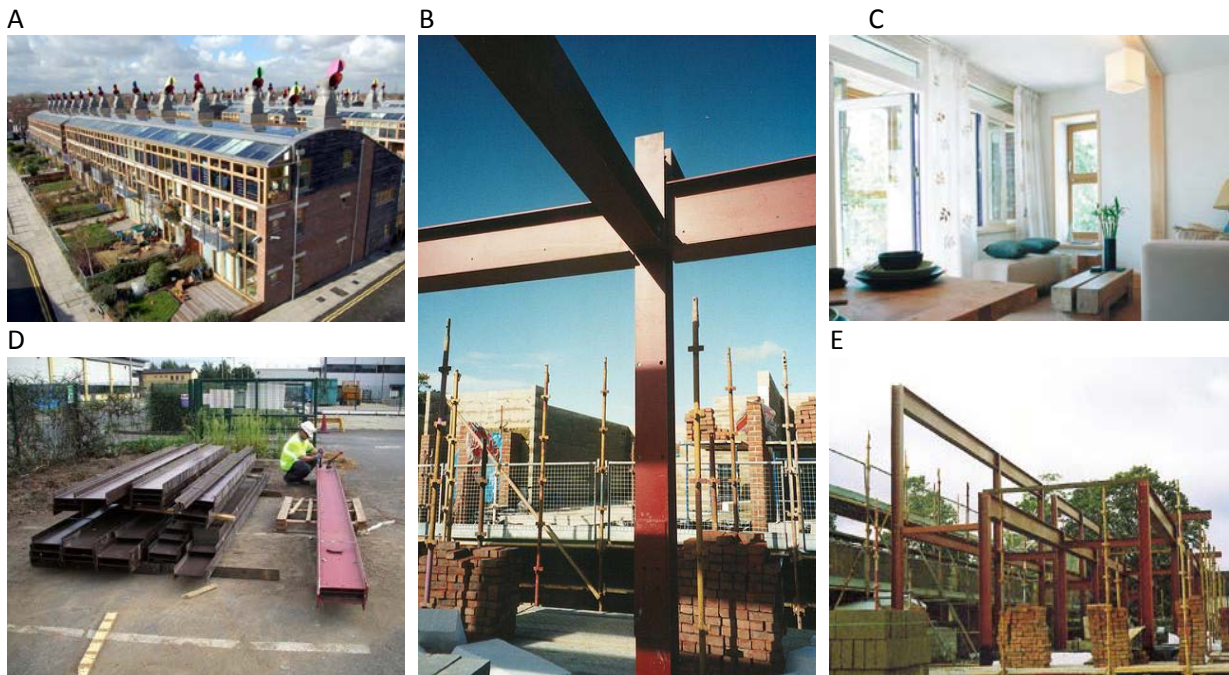
### Concept

Het bouwen van een duurzame 'zero waste'-wijk waarin de voorkeur uitging naar de toepassing van hergebruikmaterialen.

### Uitvoering

Bioregional [108] is erin geslaagd om vanop plaatselijke sloopwerven een groot aantal metalen kolommen en scheidingswanden uit naaldhoutsoorten te recupereren om deze om te vormen tot nieuwe structurele elementen (afbeelding 46 B, D en E). De stalen structuur van de gebouwen bestaat uit 98 ton structurele metalen hergebruikprofielen. De binnenwanden bestaan uit houten kolommen met een pleisterlaag (afbeelding 46 C) die voor 90 % afkomstig zijn van hergebruik.

Alle gebruikte bouwmaterialen zijn overigens afkomstig uit een straal van maximum 65 km. Het gerecupereerde bouwstaal en constructiehout zijn goedkoper dan nieuwe materialen en bieden respectievelijk een besparing van 96 % en 83 % op de milieu-impact. BedZED produceerde 3.404 ton hergebruikte en gerecycleerde materialen, wat neerkomt op 15 % van het totaal van de materialen. De gebruikte recuperatiematerialen waren goedkoper of ongeveer even duur als de conventionele optie, rekening houdend met de extra arbeidstijd voor de toelevering van het materiaal.



Afb. 46 Gebouwen opgetrokken op basis van gerecupereerde en gerecycleerde elementen en materialen (bron: ZEDFactory & Bioregional) [108].



## 4.1.6 Recyclage

### 4.1.6.1 Beschrijving

De selectieve sloop van bouwelementen heeft twee doelstellingen met een betere valorisatie van de materialen voor ogen: hergebruik of sortering met het oog op recyclage. In vergelijking met de totale hoeveelheid materialen die voortkomen uit de afbraak, vertegenwoordigt het hergebruik echter maar een beperkt valorisatiekanaal. De overgrote meerderheid van de afgebroken materialen moeten bijgevolg op een andere manier gevaloriseerd worden. Een oplossing bestaat erin om de recyclage van bouwelementen aan te moedigen en dit, indien mogelijk, in een gesloten kringloop.

In België worden inerte afvalstoffen al jarenlang gerecycleerd en ligt het recyclagepercentage met 90 % hoog <sup>(18)</sup>. Meestal wordt het inerte afval gebroken tot granulaten die kunnen dienen voor de productie van beton of wegfunderingen.

Momenteel merken we echter ook een groeiende interesse voor de recyclage van andere niet-steenachtige fracties, zoals gips, cellenbeton, bitumineuze afdichtingen ...

Recyclage kan omschreven worden als de verwerking van een afvalmateriaal (secundaire grondstof) in een productieproces voor hetzelfde (bewaring van de oorspronkelijke kwaliteit) of een ander doel dan oorspronkelijk voorzien. In theorie kunnen materialen gerecycleerd worden tot in het oneindige. Daar staat tegenover dat de materiaaleigenschappen vaak gedegradeerd worden door de recyclageprocessen. Dit proces waarbij de materiaaleigenschappen degraderen, wordt aangeduid als *downcycling*. Het fabriceren, op basis van gerecupereerde materialen of objecten, van producten met een hogere waarde dan de oorspronkelijke materialen of objecten, wordt *upcycling* genoemd. Recyclage kan zowel gebeuren in een open (recyclage in een andere toepassing; bv. het verbrijkelken van inerte stoffen tot granulaten voor gebruik in een fundering) als in een gesloten kringloop (recyclage in dezelfde toepassing; bv. recyclage van gips).

Opdat een materiaal recycleerbaar zou zijn, moet aan een aantal voorwaarden voldaan zijn:

- de materialen moet technisch recycleerbaar zijn volgens een gevalideerd procedé
- de componenten moeten beschikbaar zijn op de markt en mogen niet verontreinigd zijn
- de recyclage moet economisch rendabel zijn.

Een recyclageproces verloopt gewoonlijk in vier of vijf stappen, maar vertoont wel bijzondere varianten in functie van het gerecycleerde materiaal (de recyclage van beton, glas of metaal is niet identiek):

- *controle van het afval*: afval dat een te hoog gehalte aan verontreinigende stoffen bevat, moet geweigerd worden
- *uiteenhalen en vermalen of breken* (mechanisch of manueel): het vermalen gebeurt zowel om de sortering (volgende stap) als de transformatie (bv. het verkleinen van de korrelgrootte) te vergemakkelijken

---

<sup>(18)</sup> De Europese Commissie legt in haar richtlijn 2008/98/EG een recyclagepercentage van 70 massapercent bouw- en sloopafval op (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>).



- *sorteren van het afval*: (meestal) manueel, soms met machines, of automatisch (naar korrelgrootte, magnetisch, optisch, elektrostatisch, naar soortelijk gewicht)
- *transformatie*: het afval wordt vervolgens omgezet in (sub)producten (of secundaire grondstoffen) door middel van een mechanische, chemische of thermische behandeling.

Een groot aantal materialen die afkomstig zijn van sloop of bouwafval worden momenteel:

- *goed gerecycleerd*: inert afval, metalen, onbehandeld hout, grond, papier- en kartonverpakkingen
- *matig gerecycleerd*: raamprofielen, cellenbeton, leidingen en kabels uit PVC, glas, verpakkingen uit hout en kunststof
- *weinig gerecycleerd*: kunststoffen uit PP of PE (behalve de verpakkingen), PVC-folie, gips, houtcomposietproducten (MDF, OSB ...) en klein gevaarlijk afval
- *niet of zeer weinig gerecycleerd*: isolatiematerialen (XPS, EPS, PUR, PIR, organisch ...) afwerkingslagen, composietelementen, dakbedekkingen (elastomeren of bitumen) en geïmpregneerd hout.

#### 4.1.6.2 Voorbeelden en goede praktijken

##### RECYHOUSE – WTCB (Limelette, 1999)

###### Idee

Het oprichten van een eengezinswoning met nieuwe bouwmaterialen op basis van gerecycleerd materiaal dat voldoet aan de eisen van de moderne bouwkunde, zonder de eindprestaties van het gebouw in gevaar te brengen of de kostprijs ervan te verhogen.

###### Uitvoering

Recyhouse <sup>(19)</sup> is een demonstratiegebouw (eengezinswoning met kelder, verdieping en 3 bijgebouwen) opgetrokken op het terrein van het WTCB-proefstation in Limelette. Het gebouw bevat een talloze materialen die vooral bestaan uit recyclagemateriaal afkomstig van bouw- en sloopafval (gebouwen en infrastructuurconstructies). Andere materialen komen voort uit de valorisatie van afval of bijproducten uit andere industrieën. Het gaat hier om nieuwe materialen, bekomen door een industriële verwerking van afval, en dus niet om recuperatiemateriaal. Het doel was niet om de best presterende producten voor een bepaalde toepassing te gebruiken, maar wel om zoveel mogelijk verschillende materialen uit gerecycleerd afval te demonstreren, die ten tijde van het project in Europa in de handel waren. Enkel het geraamte van het gebouw is dragend. Alle muren, met inbegrip van de gevels, zijn demonteerbaar zonder de stabiliteit van het gebouw in het gedrang te brengen. Dit laat toe om een groot assortiment aan diverse producten te gebruiken.

Uiteindelijk werden meer dan 150 materialen op basis van gerecycleerd bouw- en sloopafval aangewend. Voor elk ervan werd een technische informatiefiche opgesteld in samenwerking met de fabrikant. Deze fiche bevat:

- de adres- en andere gegevens van de fabrikant

---

<sup>(19)</sup> Recyhouse vergde vijf jaar werk, dat kon rekenen op de steun van de Europese Commissie in het kader van het *Life*-programma (DG Environment).



- een presentatie van het product (plaatsingsschema, foto's ...)
- de samenstelling van het product en de herkomst van de gebruikte afvalstoffen
- het fabricageproces
- het toepassingsgebied
- de verkregen goedkeuringen en certificaten
- de identificatie (formaat, kleur, volumieke massa ...)
- de prestaties (sterkte, isolatievermogen, brandgedrag, vochtgedrag ...)
- de toepassingsmethode
- een prijsindicatie
- indien van toepassing, de vermelding van andere gerecycleerde producten van gelijkwaardige samenstelling, vervaardigd door hetzelfde bedrijf.



Afb. 47 Maquette van de vloer van een kamer op de verdieping: men ziet er de ondervloer uit polyurethaanafval, de dekvloer uit polyurethaan- en cementafval, alsook de bedekking bestaande uit twee platen op basis van houtafval met een verschillende hardheid.



Afb. 48 Gedemonteerd aanzicht van een scheidingswand van een kamer op de verdieping, waarop de isolatie uit gerecycleerd polyethyleen te zien is, evenals een plaat op basis van gerecycleerd cellulose en stro, bedekt met een plaat van geverfd sulfogips. De vloerbedekking bestaat uit platen op basis van houtafval.

(bron: WTCB) [118]



Afb. 49 Scheidingswanden op de verdieping: vooraan, sulfogips- en fosfogipsplaten, bedekt met een isolatiemateriaal uit gerecycleerd polyethyleenschuim; de scheidingswand achteraan bestaat uit gipsplaten met gerecycleerd papier.

## STONECYCLING – Tom van Soest (Design Academy Eindhoven)

### Idee

Het verpulveren van gerecycleerde bouwmaterialen, afkomstig van sloofwerken om een nieuw steentype te creëren dat omgevormd kan worden tot vloer- en gevelbekledingen.

### Uitvoering

StoneCycling [155] produceert bakstenen op basis van gerecycleerd inert afval, afkomstig van de afbraak van materialen zoals betegelingen, glas en steen. Deze gerecycleerde baksteen (afbeelding 50 E) wordt gebakken op een temperatuur die 300 °C lager ligt dan de baktemperatuur van een klassieke baksteen, waardoor de CO<sub>2</sub>-uitstoot beperkt kan worden. Een baksteen bakken is uiteraard geen *hightech* proces. StoneCycling heeft samenstellingen ontwikkeld waarin de verschillende soorten bouwafval in de juiste verhoudingen gemengd



worden (afbeelding 50 A en B) om het uitzicht en de eigenschappen van de baksteen te wijzigen, zoals de hardheid, de dimensionale stabiliteit en de weersbestendigheid. In Rotterdam [99] werd er recentelijk een eengezinswoning met vier verdiepingen (afbeelding 50 D en F) opgetrokken, waarbij deze gerecycleerde bakstenen gebruikt werden als gevelbekleding. Voor de uitvoering van deze woning werd er niet minder dan 15 ton afval gerecycleerd en tot nieuw bouw materiaal verwerkt.



Afb. 50 Bakstenen, geproduceerd op basis van sloopmateriaal (bron: StoneCycling) [155].

## PÉPINIÈRE D'ENTREPRISES – Atelier d'architecture Alain Richard (Luik, België – 2008)

### Idee

Het optrekken van een walmuur uit geprefabriceerde elementen van 'cycloïsch' beton.

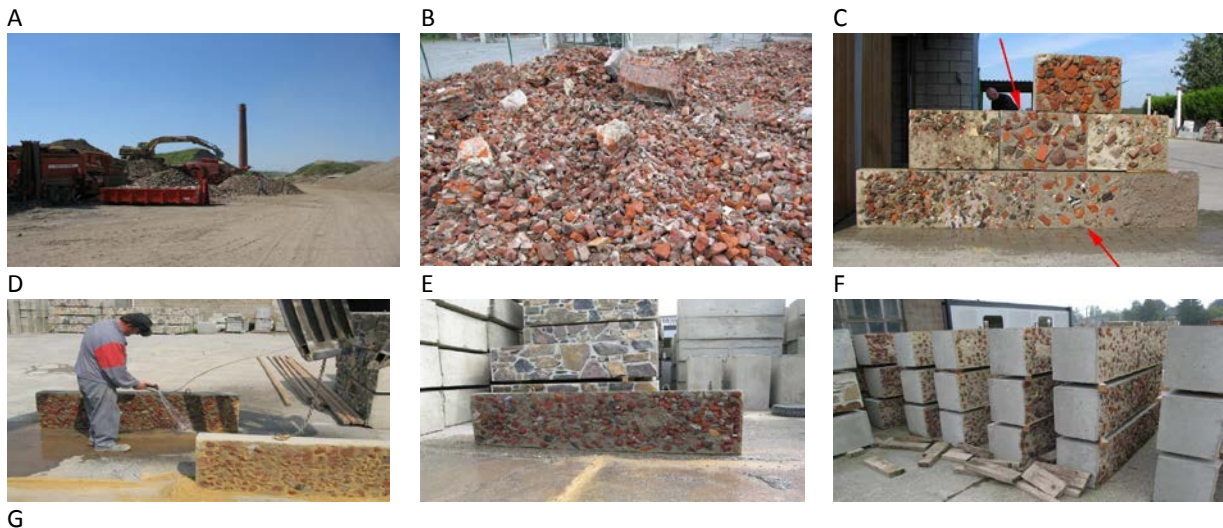
### Uitvoering

De architect heeft geprofiteerd van de afbraak van een nabijgelegen gebouw (afbeelding 51 A) om een geprefabriceerde muur te ontwerpen op basis van gerecycleerde bakstenen uit dit gebouw.

De stenen werden ter plaatse verbrokkeld (afbeelding 51 B) alvorens gemengd te worden met een cementmatrix om er een massief zelfdragend element van te maken dat de afsluiting van een deel van het gebouw vormt (afbeelding 51 C, D, E en F). Er werden verschillende proeven uitgevoerd op het terrein om het door de opdrachtgever gewenste uitzicht te verkrijgen (afbeelding 51 C). Een specifieke bepaling in het bijzondere bestek voor de aannemer vermeldt het gebruik van blokken (geprefabriceerde muren uit cycloïsch beton) die strikt in overeenstemming moeten zijn met het staal dat ingediend werd bij het architectenbureau en dat door alle partners goedgekeurd werd (afbeelding 51 G).







Cahier spécial des charges n°046

## CLAUSES TECHNIQUES ADDITIONNELLES

### C.T. 038 BLOCS – MURS PREFABRIQUES EN BETON CYCLOPEEN

Les blocs murs sont des éléments préfabriqués en béton vibré, massifs.

Sur les faces apparentes apparaîtront des agrégats de gros calibre (30/80 ou 30/90) principalement en terre cuite, constitués de briquillons tout venant issus de démolition.

Les blocs seront strictement conformes à l'échantillon déposé à l'atelier d'architecture et approuvé par tous les partenaires.

Avant fabrication des éléments, l'adjudicataire soumettra à l'auteur du projet un prototype satisfaisant à la description ci-dessus, ainsi que des échantillons significatifs du type d'agrégat qu'il compte mettre en œuvre et en préciser la provenance.

Afb. 51 Geprefabriceerd elementen uit beton, gerealiseerd op basis van verbrokkelde bakstenen (bron: Atelier d'Architecture Alain Richard) [105].

## 4.2 Huidige en toekomstige ontwikkelingen

Opdat het gebouw niet langer louter een verbruiker van grondstoffen en een bron van broeikasgassen zou zijn, zou de bouwsector het gebouw ook moeten beginnen te beschouwen als een mogelijke materialenbron of als een voorraad van secundaire grondstoffen. Er zijn tegenwoordig verschillende strategieën en tools in ontwikkeling die moeten toelaten om deze voorraad te valoriseren.

### 4.2.1 Monitoring, digitalisering en inventarisatie

Er zijn momenteel monitoring- en meetmethoden voor de staat van de elementen in ontwikkeling. Deze zouden de uitrol van selectieve sloop en de inventarisatie van de materiaalvoorraden moeten vergemakkelijken.

Men kan twee types automatische en digitale monitoringmethoden onderscheiden: passieve of actieve.





- De *passieve monitoring* is een geautomatiseerde methode waarbij elk element voorzien wordt van een sensor die continu de eventuele verschillen opmeet en toelaat na te gaan of een element aangetast of beschadigd is. Deze sensoren <sup>(20)</sup> worden reeds gebruikt om de staat van bepaalde verpakkingen te beoordelen. In de bouw wordt de passieve monitoring vooral toegepast om de staat van de bouwstructuur te bepalen met behulp van spanningsmeters of optische vezels <sup>(21)</sup>.
- De *actieve monitoring* is een geautomatiseerde methode, gebaseerd op het materiaalpaspoort, voor de opvolging van het volledige gebouw. De staat van de materialen wordt continu geregistreerd en de meetresultaten in *real time* weergegeven (blootstelling van de gevels aan vocht, fysische verwerking of verontreiniging van het beton ...). De opvolging gebeurt via sensoren die in het gebouw geïntegreerd zijn en verbonden zijn met het materiaalpaspoort. Zo worden de geregistreerde gegevens ter beschikking gesteld van de eigenaar of van de entiteit, verantwoordelijk voor het onderhoud. Bij de ontmanteling zal het materiaalpaspoort alle gegevens over de staat en de eigenschappen van de elementen bevatten, zodat de ontmantelingsfirma hun hergebruiks- of herstellingspotentieel kan beoordelen. Een belangrijke beperking van deze methode betreft de opslag en de verdeling van de energie, nodig om deze sensoren gedurende de volledige levenscyclus van het gebouw te voeden: de levensduur van de huidige batterijen is ontoereikend en de bedrading neemt veel plaats in. In de VS is er echter een onderzoek aan de gang om gebouwen uit te rusten met draadloze sensoren.

Opdat de schat aan informatie uit het materiaalpaspoort constant up-to-date gehouden zou kunnen worden en gedurende de volledige gebruiksduur van het gebouw beschikbaar zou blijven voor alle betrokken actoren, moet er voor de monitoring gebruikgemaakt worden van gedigitaliseerde elementen. Hiertoe zouden de gebouwen ontworpen en gepland moeten worden met behulp van BIM-technologieën (*Building Information Model/Modelling*) die toelaten om alle gegevens te verzamelen in een databank waarin elk afzonderlijk element geïdentificeerd en opgevolgd kan worden. Het BIM-model kan vervolgens gebruikt worden om de onderhoudswerkzaamheden aan de elementen te plannen, waardoor het als het ware de rol van de conciërge overneemt. De BIM-conciërge, die verantwoordelijk is voor het beheer van het materiaalpaspoort, zou dan kunnen uitgroeien tot een nieuw beroep.

Daarenboven dient de juistheid van de ingevoerde gegevens gecontroleerd en/of gewaarborgd te worden.

#### 4.2.2 Identificatie van de contaminanten

De identificatie van de contaminanten en de decontaminatie van het gebouw zijn een noodzakelijke voorwaarde voor de ontmanteling. Deze stap kan ondersteund worden door de ontwikkeling van specifieke scanningtechnieken.

---

<sup>(20)</sup> Dit type sensoren wordt verkocht door firma's zoals Shockwatch (<http://shockwatch.com/>).

<sup>(21)</sup> Op de website [www.thesensorsguide.com](http://www.thesensorsguide.com) wordt een overzicht en een beschrijving gegeven van een aantal dergelijke passieve sensoren.



- Hoewel het gebruik ervan in Europa al meer dan 20 jaar verboden is, bevatten veel gebouwen nog **asbest** en dit, onder verschillende vormen. Momenteel moeten er stalen genomen worden van de verdachte materialen, die in gespecialiseerde laboratoria geanalyseerd worden, wat kosten en vertragingen met zich meebrengt. Daarom worden er tegenwoordig betrouwbare detectiemethoden voor gebruik op de bouwplaats ontwikkeld: detectie op basis van infraroodstraling of op basis van biotechnologie.
  - De toepassing van de **infraroodmethode** op asbestcement lijkt betrouwbaar, maar is wel beperkt tot voldoende reflecterende materialen; de toepassingsmogelijkheden ervan op bouwplaatsen zijn dus beperkt.
  - De **biotechnologische methode** berust op het gebruik van biologische moleculen, proteïnen of peptiden, die zich aan de asbestvezels binden. Deze brengen een kleurverandering teweeg waardoor de aanwezigheid van asbest onthuld wordt.
- De staat van het **hout** dat aanwezig is in het te slopen gebouw kan verschillen naargelang het een behandeling kreeg of niet. Geïmpregneerd hout wordt als gevaarlijk beschouwd en mag in geen geval samen gerecycled worden met andere houttypes. Met de huidige sorteertechnieken vormt de heterogeniteit van houtafval een grote uitdaging voor de recyclagebedrijven. Gezien de moeilijkheden om niet-geïmpregneerd hout te onderscheiden wordt houtafval tegenwoordig hoofdzakelijk gevaloriseerd voor energieopwekking. Het is dus belangrijk de inzameling, de sortering en de recyclageprocessen van deze producten verder te optimaliseren om deze stromen in de productieketen langer te kunnen handhaven in een gesloten kringloop.
- Ook de verschillende soorten **kunststof** (LDPE, HDPE, PP, PVC ...) zijn moeilijk visueel van elkaar te onderscheiden en dit, zowel op de bouwplaats als in de sorteercentra. Daarom wordt er tegenwoordig meer en meer gebruikgemaakt van draagbare scanners om het type kunststof te bepalen [86].

#### 4.2.3 Valorisatie van de voorraden afgebroken materiaal

Wanneer de verontreinigde stoffen uit het gebouw verwijderd zijn, laat de selectieve sloop toe om de stromen te identificeren die via de verschillende valorisatiekanalen behandeld kunnen worden.

##### 4.2.3.1 *Hervervaardiging of remanufacturing*

Bepaalde installateurs of producenten van systemen (verwarming, elektriciteit, warmtepompen ...) zouden hun producten graag willen recupereren om te analyseren hoe ze gebruikt werden en zo de prestaties van bepaalde componenten te verbeteren.

##### 4.2.3.2 *Hergebruik*

De evoluties op het vlak van het hergebruik van bouwmaterialen betreffen vooral:

- de ontwikkeling van beoordelingsmethoden en -tools voor het hergebruikspotentieel van de elementen. In § 4.2.1 werd reeds uitgelegd dat het hiertoe nodig is om monitoringtools te ontwikkelen voor de in het gebouw aanwezige elementen. Hoewel de



beoordeling van het werkelijke hergebruikspotentieel een zekere expertise vereist (zie hiervoor § 4.3.3), is het ook nodig om tools en methoden te ontwikkelen voor het verwerven van de vereiste informatie voor de ontmanteling met het oog op een mogelijk hergebruik. Deze instrumenten zouden het inventarisatie-, opmetings- en gegevensverzamelingswerk kunnen vereenvoudigen. Het gaat hier om inventarisatiesoftware die de tijdens het bezoek ter plaatse verzamelde informatie compileert en organiseert, om meetsensoren, om materiaaltesters die toelaten om een kwalitatieve en kwantitatieve materiaalanalyse uit te voeren, om asbestdetectoren, om kleurendetectoren ...

- het verzamelen van informatie en de ontwikkeling van methoden om de milieu-impact van het hergebruik te beoordelen. De bestaande levenscyclusanalysetools die gebruikt worden voor bouwmaterialen zouden hergebruikscenario's moeten kunnen integreren. Hiertoe moet er informatie over de voorbereidende werkzaamheden voor hergebruik (ontmanteling, transport, reiniging, verpakking ...) verzameld worden, teneinde de milieu-impact in te schatten. Bij de beoordeling van deze impact dient men overigens ook vragen te stellen omtrent het *end-of-waste point* (d.i. het punt waar de status van afvalstof ophoudt). Dit aspect is echter niet specifiek voor hergebruik, maar is ook van belang bij andere vormen van valorisatie
- het invoeren van processen die de kwaliteit van hergebruikmaterialen onderbouwen en/of garanderen. De vraag of het al dan niet verplicht is om een CE-markering aan te brengen op hergebruikmaterialen, is nog niet opgelost. Bepaalde EU-leden stellen dat deze markering alleen vereist is voor nieuwe en niet voor tweedehandsmaterialen. De kwaliteitscontrole van hergebruikmaterialen (inclusief de selectie van representatieve stalen voor het testen van de eigenschappen) vereist nieuwe procedures en aanpassingen aan de productnormen. Voorts bestaan er bedenkingen over de geschiktheid van de momenteel in de gebouwen verwerkte materialen, die bij de ontmanteling misschien technisch verouderd zullen zijn omwille van de evolutie van de prestatie-eisen
- het creëren van een echte hergebruikmarkt; hiertoe moeten de actoren uit de sector geïdentificeerd en samengebracht worden, moeten de succesvolle projecten geïnventariseerd worden, moet er een label voor hergebruikmaterialen geïmplementeerd worden en moeten de toekomstige actoren opleidingen krijgen omtrent de identificatie, de ontmanteling, de voorbereiding voor hergebruik en de herverkoop van bouwelementen. Deze markt zou eveneens verder tot ontwikkeling kunnen komen dankzij een verdere reglementering van de ontmanteling, bv. door voor bepaalde materialen een hergebruikkanaal op te leggen of door de uitvoering van een sloopinventaris verplicht te maken voor bepaalde bouwtypes.

#### 4.2.3.3 Recyclage

Op het vlak van de recyclage van bouwmaterialen hebben de huidige en toekomstige ontwikkelingen betrekking op:

- het op punt stellen van nieuwe technologieën voor het sorteren van het afval om homogener stromen te verkrijgen. Deze technologieën hebben voornamelijk betrekking op het automatiseren van het sorteerproces. Een goed voorbeeld van deze evolutie is de opkomst van sorteerrobots die aangedreven worden door kunstmatige intelligentie [96]



- de verbetering van de recyclageprocessen; bij de meeste van deze processen ondergaan de materialen immers een zeker waardeverlies (*downcycling*). Dit is onder meer het geval voor kunststof dat gerecycleerd wordt op basis van een mengsel van verschillende kunststoftypes, wat leidt tot een product van minder goede kwaliteit. Een belangrijke uitdaging op het gebied van recyclage bestaat er dus in om de waardeverliezen waaraan de materialen in de loop van het recyclageproces onderhevig zijn, te beperken.
- het identificeren van problematische stromen die moeilijk te valoriseren zijn omwille van hun volume, waarvoor er nog geen behandelingscircuit bestaat of waarvan het circuit nog niet optimaal is vanuit een milieu-oogpunt. Deze stromen kunnen ook onderworpen zijn aan de geglobaliseerde marktwetten die dicteren of een welbepaald recyclagemodel al dan niet commercieel haalbaar is en die soms de aankoop van nieuwe grondstoffen verkiezen. De uitdaging voor de recyclagesector bestaat erin om nieuwe oplossingen uit te werken voor deze stromen of om de bestaande oplossingen te verbeteren.

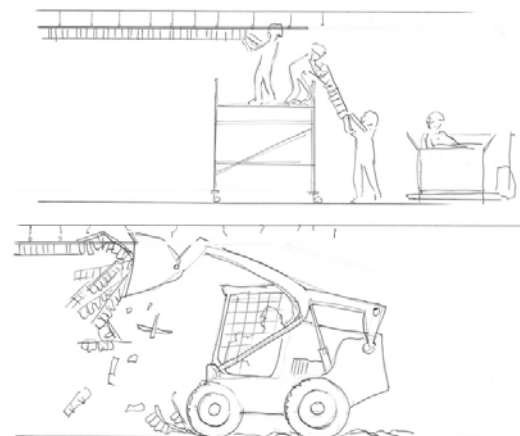
### 4.3 Economische uitdagingen en opportuniteiten

De economische uitdagingen van *urban mining* hebben voornamelijk betrekking op de ontwikkeling of de versterking van de valorisatiekanalen en de (bij voorkeur lokale) markten en op de creatie van banen en nieuwe beroepen.

#### 4.3.1 Selectieve ontmanteling en hergebruik

Om de hoeveelheid mankracht die nodig is voor een selectieve ontmanteling te vergelijken met de mankracht die nodig is bij een klassieke sloop van eenzelfde element wordt er gewoonlijk een verhouding van 7:1 vermeld <sup>(22)</sup>. Dit betekent dat ontmanteling voor een even grote werf bijna zeven keer meer mankracht vereist dan sloop.

Deze verhouding valt te verklaren door het grote aandeel van mechanisatie in de klassieke sloop, die bijgevolg veel minder werknemers mobiliseert dan selectieve ontmanteling.



(Tekening: Lionel Billiet, Rotor)

Een Brussels voorbeeld van ontmanteling van cementtegels met het oog op hergebruik liet toe om vijf laaggeschoolde werkzoekende arbeiders twee weken lang te werk te stellen.

Het zijn precies de dure mankracht en de ontwikkeling van mechanische oplossingen die in de richting duwen van een klassieke sloop. In de huidige Belgische context lijkt het dan ook moeilijk om de selectieve ontmanteling aan te zwengelen.

<sup>(22)</sup> 'Job ratio is 7:1, recycling vs. traditional disposal' verklaard door Deb Stone [60].

Dit neemt niet weg dat de markt van de ontmanteling met het oog op hergebruik verder ontwikkeld zou kunnen worden. Het creëren van een actieve markt voor de recuperatie van materialen en componenten zou de kosten voor het uithalen, de opslag en de herverkoop kunnen dekken. Dit impliceert dat de hergebruikmaterialen in voldoende grote hoeveelheden beschikbaar moeten zijn, aantrekkelijk moeten zijn en als volledig gebruiksgeschikt gecertificeerd moeten zijn.

Bovendien zouden de eventuele bijkomende kosten die verbonden zijn aan ontmanteling, in vergelijking met een klassieke sloop, gecompenseerd kunnen worden door een herziening van het sloop- en renovatieproces. Deze kosten hebben betrekking op:

- de ontmanteling van de elementen. Deze kosten omvatten de prijs voor de mankracht die nodig is voor de ontmantelingswerken. Deze verschillen naar gelang van de gebruikte instrumenten en de uithalen elementen, die op hun beurt afhangen van de typologie van de bouwplaats
- de voorbehandeling en het verwijderen van het afval, met inbegrip van de inzamelkosten die voortvloeien uit de scheiding van de fracties op de bouwplaats
- de aan- en afvoer van het bouwplaatsafval, met inbegrip van de prestaties en de gebruikte hulpmiddelen om het afval van de productieplaats naar de evacuatieplaats op de werf te vervoeren <sup>(23)</sup>
- de kosten voor de verwerking; we willen erop wijzen dat kanalen waarbij de verwerkingskosten hoger zijn dan de prijs voor het storten van afval, wel degelijk competitief kunnen zijn, als alle sloopkosten (met inbegrip van de kosten voor de afvoer) in aanmerking genomen worden

#### 4.3.2 Recyclage

Na de verwerking van het afval kan men bij de verkoop van de gerecycleerde materialen met twee grote moeilijkheden te maken krijgen : de bezorgdheid van de klanten over de kwaliteit van de gerecycleerde materialen en de volatiliteit van de verkoopprijzen.

Bedrijven zijn terughoudend om secundaire grondstoffen te gebruiken voor de vervaardiging van hun producten uit vrees voor een kwaliteitsdaling en de verwerping ervan door de klant. Daarom werden er normen (rond afval, gerecycleerde materialen of recyclageprocedures) en labels ontwikkeld om het gebruik van recyclagemateriaal aan te moedigen.

De prijs van secundaire grondstoffen vertoont vaak sterkere schommelingen dan de prijs van de natuurlijke grondstoffen [50]. Dit is vooral te wijten aan de variabiliteit van de vraag en het aanbod: de recyclagebedrijven moeten afvalstromen behandelen waarvan ze niet altijd de volumes en de kwaliteit beheersen; de vraag schommelt op haar beurt in functie van de prijs van de natuurlijke grondstoffen. De verkoop van gerecycleerde materialen is echter hoe dan ook aan een opmars bezig, of er nu een markt voor is of niet.

---

<sup>(23)</sup> Op een sloopwerf blijkt deze post de grootste kost te vertegenwoordigen [74].





### 4.3.3 'High volume, low value'

De belangrijkste uitdaging voor een groot aantal bouwmaterialen- en afvalstromen ligt in de beperkte intrinsieke waarde ervan in vergelijking tot bijvoorbeeld aardmetalen, metaallegeringen ... Het is dus niet eenvoudig om een interessant valorisatiemodel voor deze stromen uit te werken, temeer omdat de meeste grondstoffen die gebruikt worden bij de fabricage van bouwmaterialen noch uitgeput, noch zeldzaam zijn. De 'natuurlijke' of primaire optie vormt nog steeds een zeer rendabel alternatief.

De afvalstromen zijn bovendien afkomstig van sterk verspreide kanalen, of het nu gaat om verschillende bouw- en sloopwerven, dan wel om verschillende momenten in de tijd. Dit maakt de inzameling of de centralisatie ervan geenszins gemakkelijker wanneer men wil werken met batches van een zeker volume. Specifiek voor isolatiematerialen speelt ook het transport een belangrijke rol: ze zijn immers voor 95 % opgebouwd uit lucht. Het centraliseren van deze materialen op eenzelfde plaats heeft dan ook slechts weinig zin vanuit een economisch en ecologisch oogpunt. Men dient niettemin te kunnen beschikken over grote volumes om de aangegane investeringen (bv. voor de technische installaties) te rechtvaardigen. Zo niet, dan zullen er decentrale of mobiele oplossingen nodig zijn.

### 4.3.4 Urban mining en het scheppen van banen

Hergebruik en de circulaire economie in het algemeen worden vaak beschouwd als activiteiten die lokaal werkgelegenheid kunnen scheppen <sup>(24)</sup>. Het hergebruik van bouwelementen, meer bepaald door de herstelling en de extractie van de materialen, opent perspectieven op het vlak van werkgelegenheid, omdat deze sector veel mankracht vereist. In regio's zoals het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, waar de productie van bouwmaterialen en de valorisatie van afvalstoffen gedelocaliseerd en zo goed als onbestaande zijn, opent het hergebruik van materialen de deur voor de herlokalisering van de economie in deze sector.

Daar waar het stroomopwaartse gedeelte van hergebruik, d.w.z. de ontmantelingsfase, een groot potentieel voor tewerkstelling van laaggeschoolden lijkt te hebben, omvat het stroomafwaartse gedeelte een groot aantal transacties die bepaalde kwalificaties vereisen: verlading, opslag, herstelling, documentatie, promotie en herverkoop. Ook is het op de markt brengen van hergebruikelementen georganiseerd rond verschillende functies: logistiek (magazijnier, transport ...), documentair (beschrijving van en zoeken naar productgerelateerde informatie), technisch (herstelling en upgrade, technische documentatie) en commercieel (verkoop, bestelling, boekhouding, klantenservice ...). De circulaire economie opent dus werkgelegenheidsperspectieven die vooral overeenstemmen met een **diensteneconomie** die bepaalde kwalificaties en competenties veronderstelt.

Een belangrijk aspect van het sluiten van kringlopen is verder dat er een geschikte wedertoepassing gevonden moet worden. Deze taak is des te moeilijker vermits het

---

<sup>(24)</sup> Wat de hervervaardiging betreft, zijn de groeivoorzieningen veelbelovend. Volgens een recente Europese studie zou het zakencijfer van de *remanufacturing*industrie (voor alle sectoren tesamen) tegen 2030 kunnen verdrievoudigen (en zo'n 90 miljard EUR bereiken). Dezelfde redenering gaat op voor het aantal banen (tot goed 600.000 banen).



circulaire model de herlokalisering van de economie privilegieert door voorrang te geven aan korte ketens en te streven naar een zo beperkt mogelijke milieu-impact van de materialen. Daarom komen de circulaire activiteiten vaak neer op het afstemmen van het aanbod op de vraag, die niet zelden zeer specifiek is wanneer er sprake is van hergebruik. Zelfs als de vraag en het aanbod samen kunnen bestaan, gebeurt het vaak dat er een gebrek is aan (zelfs tijdelijke) opslagplaatsen, waardoor de werkelijke mogelijkheden om bepaalde elementen te hergebruiken sterk beperkt worden. De opslagproblematiek illustreert de noodzaak om de **planning** van de bouwplaats waar de elementen ontmanteld worden met het oog op hun hergebruik **af te stemmen** op de planning van de bouwplaats waar deze elementen opnieuw aangewend zullen worden. De ontwikkeling van fysieke of virtuele materiaalbibliotheken die tweedehandsproducten te koop aanbieden, moet daarom aangemoedigd worden.



## 5. Circulaire business modellen

***'I drink water but I don't have a reservoir in my basement.'***

Frank van der Vloed, general manager bij Philips Lighting Benelux

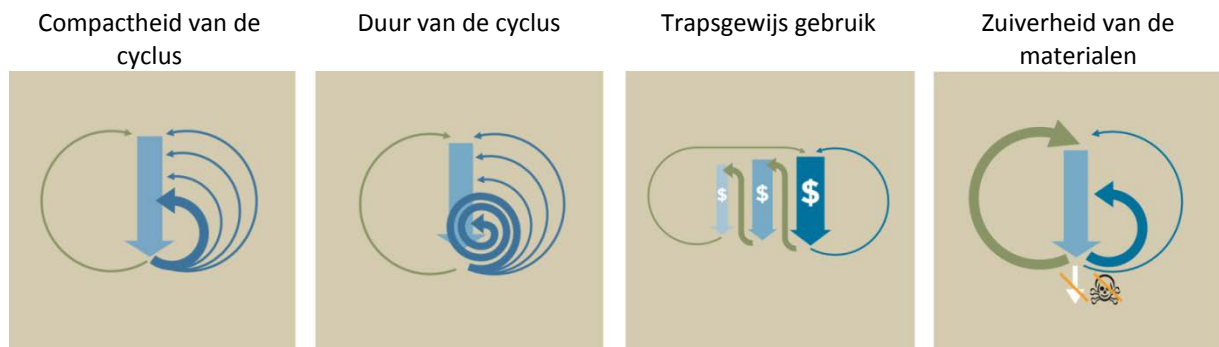
Het huidige lineaire economische model is gebaseerd op de vervaardiging van producten, componenten en onderdelen en de verkoop hiervan aan een consument die zich er na de consumptie van dient te ontdoen. Een dergelijke context levert hoegenaamd geen prikkels op om na te denken over de verlenging van de levensduur van de producten of over wat er aan het einde van hun levenscyclus mee dient te gebeuren.

De circulaire economie vereist dus nieuwe business modellen om de waarde van de producten en de materialen zo goed mogelijk te bewaren en om het sluiten van de kringlopen te bevorderen, zodanig dat de groei niet langer afhankelijk zou zijn van de ontginning van grondstoffen.

Om de afvalstromen te kunnen omzetten tot materiaalstromen en er waarde uit te onttrekken, baseren de circulaire business modellen zich op vier ontwerp- en postconsumptievalorisatieprincipes:

- *de compactheid van de cyclus*: naarmate de verwerkingscyclus van de producten aan het einde van hun leven compacter is, d.w.z. naarmate er minder verwerkingsstappen nodig zijn om ze in de productkringloop te houden, zullen ze een groter deel van hun waarde behouden. Voor de bouwsector betekent dit bv. dat de elementen bij een herinrichting of een renovatie vaak meer waarde behouden dan bij sloop- en reconstructiewerken
- *de duur van de cyclus*: naarmate de levenscyclus langer is of het product meer opeenvolgende cycli volgt, zullen er minder grondstoffen nodig zijn om de door de transformatie teweeggebrachte verliezen te compenseren. Dit betekent dat gebouwen heringericht, aangepast en gerenoveerd moeten worden in plaats van gesloopt en dat ze aan het einde van hun leven idealiter ontmanteld zouden moeten kunnen worden in modules die in een andere configuratie opnieuw ingezet kunnen worden
- *een trapsgewijs gebruik*: naarmate een product een meer gediversifieerd gebruik toelaat, zal ook zijn levenscyclus langer worden. Zo bestaat er reeds een uitwisseling van materiaalstromen tussen verschillende industrieën en de bouwsector, waarbij het afval uit de industrie ingezet wordt als nuttig bouwproduct, en omgekeerd, waarbij het bouwafval een secundaire grondstof wordt voor de industrie
- *de zuiverheid van de materialen*: naarmate een product minder giftige stoffen bevat, zal het recuperatie- en recyclagepotentieel ervan groter worden. De bouwmaterialen zouden dus zo zuiver mogelijk moeten zijn om aan het einde van hun levenscyclus hergebruikt of gerecycleerd te kunnen worden in producten met equivalente of zelfs grotere waarde.





Afb. 52 De vier ontwerp- en postconsumptievalorisatieprincipes voor producten (bron: Ellen Mc Arthur Foundation) [46].

Ongeacht het geïmplementeerde circulaire model, blijven de basisprincipes dezelfde: ten eerste, het behouden van de globale efficiëntie van het systeem (d.w.z. dat men bij het optimaliseren van de onderdelen van een proces of een ontwerp voldoende rekening dient te houden met de impact van de wijziging hiervan op het systeem in zijn geheel) en ten tweede, het bewaren van de waarde van de grondstoffen door de afvalstromen om te vormen in nieuwe producten.

Een business model kan gedefinieerd worden als een geheel van fundamentele structuren aan de hand waarvan een bedrijf de waarde van een goed of een dienst creëert, levert en capteert [51]. Hiertoe zijn er drie stappen nodig:

- het *voorstellen van waarde*: welk producten- en dienstenaanbod is er nodig om een economisch rendement te behalen?
- het *waardecreatieproces*: welke partners, activiteiten, grondstoffen, technologieën en kanalen zijn er nodig om dit producten- en dienstenaanbod te kunnen leveren?
- de *manier waarop de waarde gecapteerd wordt*: hoe een inkomen krijgen door deze producten en diensten aan te bieden aan de klanten?

Business modellen worden gecreëerd voor de commerciële valorisatie van een innovatie of een nieuw concept binnen een bedrijf. In de context van de circulaire economie behoren deze innovaties of concepten voornamelijk tot de drie volgende families:

- *technisch of technologisch*: geheel van industriële fabricageprocessen voor producten of een dienstenaanbod waarbij de productiviteit en de efficiëntie van de grondstoffen gemaximaliseerd wordt en de afvalproductie beperkt
- *sociaal of collaboratief*: geheel van wijzigingen en aanpassingen van de manier waarop producten en diensten geleverd worden (aanbod) aan het veranderende consumentengedrag (vraag)
- *organisatorisch*: geheel van interne aanpassingen van het bedrijf op financieel vlak, op het vlak van investeringen ...

In de logica van een circulaire economie zijn er verschillende business modellen nodig tijdens de verschillende levenscyclusfasen van het goed (ontwerp, gebruik, postconsumptie) die zowel onafhankelijk van elkaar kunnen functioneren als op geïntegreerde wijze. Om het welslagen van deze business modellen veilig te stellen, moeten alle actoren uit de waardeketen samenwerken: ontwerper, leveranciers, dienstenleverancier, aannemers ...



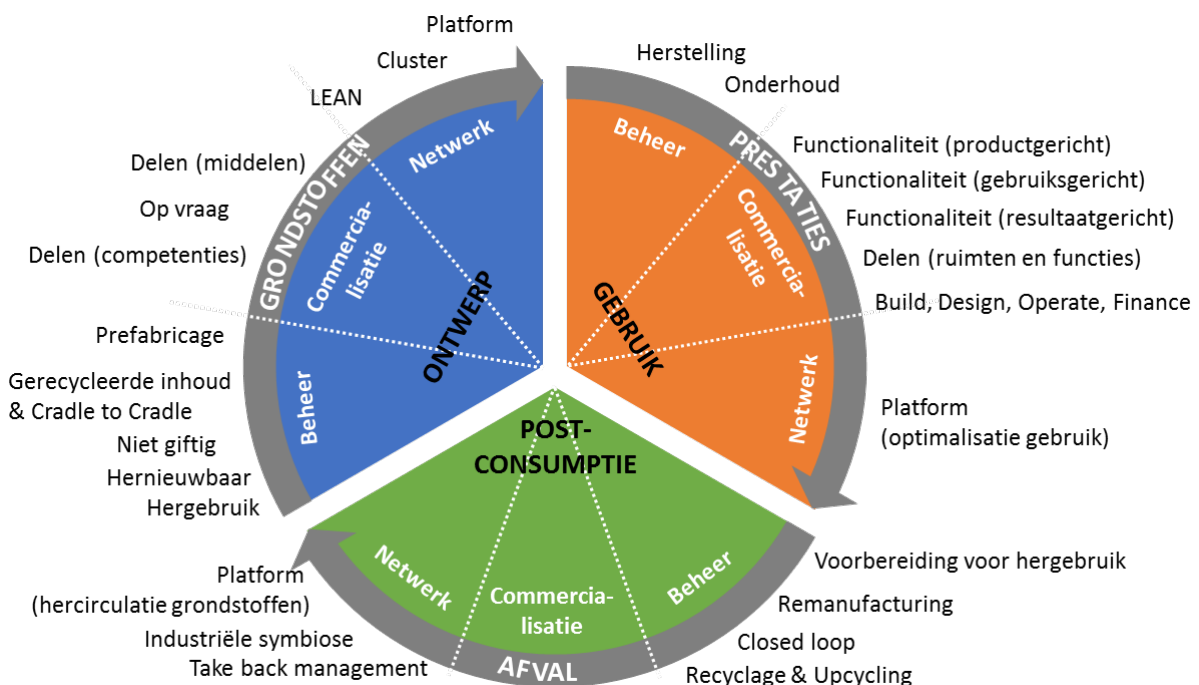
Zodoende worden er drie generieke business modellen voorgesteld. In tabel 2 worden voor elk ervan de drie fundamentele stappen van het business model hernomen (voorstellen van waarde, waardecreatieproces, capteren van waarde) <sup>(25)</sup>:

- de *efficiëntie van de grondstoffen* tijdens de ontwerp- of fabricagefase van het product maximaliseren
- het *afleveren van een dienst in plaats van een product* tijdens de gebruiksfase van een product
- het *creëren van waarde op basis van afval* tijdens de postconsumptiefase.

De implementering van een business model vereist het op punt stellen van strategieën, d.w.z. doelstellingen en middelen die de activiteiten van het bedrijf op middellange of lange termijn oriënteren. In de circulaire economie kunnen deze strategieën in drie grote groepen ingedeeld worden [73]:

- *circulaire beheerstrategieën voor de grondstoffen*: deze strategieën hebben een rechtstreekse invloed op de grondstoffen en vormen het hart van het business model
- *commercialisatiestrategieën* (voor de producten of de diensten): deze strategieën hebben tot doel om waarde te leveren aan de klant
- *waardenetwerkstrategieën*: deze strategieën impliceren de oprichting van een actorennetwerk om gedeelde waarde te creëren.

De verschillende circulaire business modellen (niet-beperkende lijst) kunnen dan ook geklasseerd worden volgens de levenscyclusfase en volgens de belangrijkste strategie waarop ze gebaseerd zijn (zie afbeelding 53).



Afb. 53 Klassering van enkele circulaire business modellen in functie van de beschouwde levenscyclusfase en het beoogde doel (bron: WTCB).

<sup>(25)</sup> Aangepast op basis van Bocken N.M.P. *et. al.* [10].





Tabel 2 Drie generieke business modellen (bron: aangepast op basis van Brocken N.M.P. et al.) [10].

Noodzakelijke stappen	ONTWERP De efficiëntie van de grondstoffen maximaliseren	GEBRUIK Het afleveren van een dienst in plaats van een product	POSTCONSUMPTIE Creëren van waarde op basis van afval
Voorstellen van waarde	Creëren van <i>efficiënte producten</i> of voorstellen van <i>efficiënte diensten</i> , d.w.z. die weinig natuurlijke grondstoffen gebruiken, waarvan de grondstoffen hernieuwbaar en/of lokaal zijn en die weinig afval teweegbrengen.	Leveren van diensten of van product-dienst oplossingen die beantwoorden aan de noden van de gebruikers, zonder dat deze hiervoor over specifieke diensten of producten hoeven te beschikken. Overgaan van de productie van goederen tot het <i>maximaliseren van het gebruik van het goed</i> .	<i>Het begrip 'afval' uit de wereld helpen</i> door de afvalstromen om te vormen tot nuttige en valoriseerbare stromen voor de fabricage van andere producten.
Waardecreatieproces	Creëren van activiteiten en samenwerkingsverbanden om minder natuurlijke grondstoffen te gebruiken, minder afval teweeg te brengen en de doeltreffendheid te verhogen en tegelijkertijd de hinder van de bevoorradingsketen te beperken. De focus wordt onder meer gelegd op <i>productinnovatie en de fabricageprocessen</i> .	De levering van een product/dienst vereist belangrijke wijzigingen binnen het bedrijf en kan ertoe leiden dat het ontwerp herzien wordt om het duurzamer, herstelbaar en evolutief te maken. Door middel van directere contacten en een goede opleiding moet de consument ertoe aangezet worden om niet langer de eigenaar van het goed te zijn.	Het creëren van activiteiten en samenwerkingsverbanden om afval te vermijden, de <i>materiaalringlopen te sluiten</i> , beter gebruik te maken van slecht geëxploiteerde grondstoffen en het invoeren van nieuwe samenwerkingsverbanden, eventueel tussen verschillende industriële sectoren, om de afvalstromen te capteren en te verplaatsen.
Capteren van waarde	De kosten worden gedrukt dankzij een <i>beter gebruik van de materialen</i> en door de <i>beperking van verspillingen</i> , wat leidt tot een grotere winst en een concurrentievoordeel op het vlak van prijs. De maatschappelijke en milieubijdrage is positief door de beperking van de ecologische voetafdruk.	De consument/gebruiker betaalt voor het gebruik van een dienst en niet langer voor de aanschaf (eigendom) van het product. De eigendomskosten van de producten worden gedragen voor het bedrijf en/of de partners. Dit kan de consumenten in staat stellen om toegang te krijgen tot dure producten, waardoor het commerciële potentieel van innovaties kan toenemen.	De milieu- en economische kosten worden beperkt door het hergebruik van de materialen en de <i>omvorming van afval tot een economische waarde</i> . De maatschappelijke en milieubijdrage is positief door de vermindering van de ecologische voetafdruk, de vermindering van de afvalproductie en de vermindering van het grondstoffengebruik.



## 5.1 Belangrijkste circulaire business modellen

### 5.1.1 De efficiëntie van de grondstoffen maximaliseren

#### 5.1.1.1 Beschrijving

Zoals beschreven in tabel 2 trachten business modellen die ernaar streven om de efficiëntie van de grondstoffen te verhogen om meer te doen met minder grondstoffen en de afvalproductie te beperken. Deze modellen dragen dus bij tot een vermindering van de milieu-impact van de bouwsector, door de beperking van de energie- en de materialenvraag, de ontginning van grondstoffen en de uitputting van de fossiele brandstoffen en dit, terwijl ook de afvalproductie daalt.

Om de productwaarde te verhogen, kunnen er nieuwe materialen ontwikkeld en gefabriceerd worden. Bouwmaterialen kunnen bijvoorbeeld *biobased* materialen bevatten of een hoog percentage aan secundaire grondstoffen (afkomstig uit de recyclage) en tegelijkertijd volledig recycleerbaar zijn aan het einde van hun leven. Bepaalde producten beschikken overigens over een label waarin dit potentieel erkend wordt.

De materialen zouden ook zo zuiver mogelijk moeten zijn, want naarmate een product minder giftige stoffen bevat, zal ook zijn recuperatie- en recycleagepotentieel groter worden.

**Prefabricage** is op zijn beurt een procedé dat toelaat om de materiaalstromen beter te beheren en de hoeveelheid grondstoffen, gebruikt voor een bepaald product, te verminderen.

In dezelfde context worden er nieuwe procedés ontwikkeld om het hergebruiks- en recycleerbaarheidspotentieel van bouwproducten te verhogen. Hergebruik zou dan beschouwd kunnen worden als een waardig en duurzaam alternatief voor de uitvoering van nieuwe materialen.

Nog andere productie- en commercialisatieprocedés berusten dan weer op een **collaboratieve economie**. Deze verwijst naar de dubbele creatie: materieel en immaterieel, anders gezegd, naar de productie van goederen en naar de ontwikkeling van platformen om grondstoffen, competenties of middelen te delen. Het productieproces wordt gedemocratiseerd door het delen van kennis, infrastructuren en hulpmiddelen.

Het model van de collaboratieve economie is gebaseerd op de ontwikkeling van een dynamiek van collectieve intelligentie tussen verschillende actoren, met tot doel om nieuwe goederen en diensten te ontwikkelen en te produceren. Door samen te werken met verschillende actoren (adviseurs, leveranciers, onderaannemers, overheden, consumenten ...) zal een organisatie het aantal innovatiebronnen waartoe zij toegang heeft verhogen en zo haar speelveld verbreden.

Het verenigen van de verschillende actoren in een netwerk is dus een hefboom voor de creatie van een business model. De ontwerpers hebben de mogelijkheid om te interageren met partners die mogelijk geïnteresseerd zijn in de ontwikkeling van de producten. De



partners kunnen zich dan organiseren in een *cluster* om kennis en knowhow te verzamelen en te delen, synergieën ontwikkelen met sleutelpartners, de vinger leggen op de remmen voor hun ontwikkeling en collectief hun problemen oplossen.

Eén van de procedés om de actoren samen te brengen, is *lean management*. Dit laat toe om de bevoorradingsketen zodanig te organiseren dat een ongewenst gebruik van grondstoffen tot een minimum herleid wordt. Het laat eveneens toe om afvalproductie en de verspilling van grondstoffen in de productieprocessen te identificeren en te herleiden.

Productie op vraag is ten slotte een commercialisatiestrategie die ernaar streeft om enkel datgene te produceren wat gevraagd wordt door de klant, waarbij de ongebruikte voorraden gevaloriseerd worden, zonder nieuwe grondstoffen te gebruiken.

### 5.1.1.2 Voorbeelden en goede praktijken

## ONTWERP VAN PRODUCTEN – GERECYCLEERDE INHOUD

### REBORN PAINTS

#### Idee

Valoriseren van verfresten.

#### Uitvoering

Het vergamma REBORN [150] omvat 28 verschillende kleuren van hoge kwaliteit met een laag koolstofgehalte. Elk van deze kleuren werd gemengd op basis van ongebruikte verfresten, vanwaar de naam van het merk. Newlife Paints verzamelt verfafval in containerparken en hervervaardigt dit afval tot een nieuwe milieuvriendelijke verf. Elke pot bevat tussen 50 en 95 % gerecycleerde verf. Dankzij het gebruik van een uniek mengprocedé is de kwaliteit van deze producten gelijk aan die van niet-gerecycleerde verf. Dit concept laat toe om de hoeveelheid ongebruikte verf te beperken, die anders afgevoerd zou worden naar een stortplaats of de riool.



Afb. 54 Gerecycleerde verf (bron: Newlife Paints) [139].

## COLLABORATIEVE ECONOMIE – OPEN PLATFORMEN & DELEN VAN MIDDELEN

### WIKIHOUSE

#### Idee

De creatie van geprefabriceerde gebouwen toegankelijk maken voor iedereen, door de uitwisseling van bouwplannen in *open source*.

#### Uitvoering

WikiHouse [162] is een internationaal collaboratief project dat kadert in de 'Do-It-Yourself'-beweging. Het heeft als oogmerk om een rechtenvrije bouwwijze te promoten die gedeeld, gewijzigd en verbeterd kan worden. Dit project stelt de gebruikers in staat om bouwplannen te downloaden onder de licentie 'Creative Commons' [116], deze te personaliseren met behulp van SketchUp en ze vervolgens te gebruiken om puzzelstukken uit multiplex (18 mm dik) te creëren met behulp van een digitale freesmachine (computergestuurde machine om multiplexplaten te snijden). De opbouw van de structuren vereist geen speciaal gereedschap, omdat de houten stukken voornamelijk geassembleerd worden door ze ineen te schuiven en te vergrendelen met spieën. De hele techniciteit zit in de vorm van de stukken. De structuur van een WikiHouse kan in minder dan een dag geassembleerd worden. Vervolgens moet deze afgewerkt worden door de plaatsing van een bekleding, isolatie, bekabeling en leidingen. Het snijden van de stukken wordt uitgevoerd dankzij het netwerk van de 'FabLabs', coöperatieve werkplaatsen die digitale apparatuur en assistentie ter beschikking stellen van het publiek.

Iedereen die hiervoor interesse heeft, kan de 2D-bestanden die alle samenstellende delen van het huis weergeven dus downloaden en ze zelf snijden met een digitale freesmachine (gewoonlijk in een FabLab). Hij of zij kan vervolgens wijzigingen aanbrengen aan het model en deze wijzigingen online plaatsen ten behoeve van de gemeenschap. Hoewel WikiHouse ontstaan is in Londen in 2011, heeft het concept zich snel en overal ter wereld ontwikkeld. Zo zijn er verschillende nationale *chapters* die hun eigen prototypes ontwikkeld hebben.

#### Opmerkingen

De ontwikkeling van dit bouwmodel vereist het gebruik van gereedschap dat enerzijds enige ervaring vereist en anderzijds niet altijd even gemakkelijk toegankelijk is. Dit model roept overigens een aantal vragen op omtrent de verplichting tot controle en conformiteitsverzekering van de assemblage, de verzekering van de stabiliteit van de constructie, de aansprakelijkheid in geval van stabiliteitsgebreken, de uitvoering van de funderingen, de weerstand tegen windbelasting, de brandweerstand ...





Afb. 55 Uitvoering van geprefabriceerde gebouwen op basis van plannen die vrij toegankelijk zijn (bron: Google - WikiHouse) [162].

## OPENSTRUCTURES

### Idee

Het ontwerpen van bouwelementen volgens gestandaardiseerde en modulaire afmetingen, wat een grote variëteit aan mogelijke gebruiken biedt en de onderdelen herbruikbaar maakt.

### Uitvoering

Het project OpenStructures [53, 143] onderzoekt de mogelijkheden van een modulaair bouwmodel waarbij iedereen voor iedereen ontwerpt, op basis van een gedeeld geometrisch raster. Het initieert een soort van collaboratieve 'Meccano' waaraan iedereen kan bijdragen en onderdelen, componenten en structuren kan delen (zie voorstelling van het principe in afbeelding 56 A). Het gaat hier om een open gemeenschappelijk platform dat de uitwisseling van onderdelen, componenten, ervaringen en ideeën stimuleert. Een open modulaair systeem van dit type heeft het potentieel om flexibele en dynamische structuren te genereren in plaats van uniforme modulaire eenheden, variatie te brengen in de modulariteit, de cycli voor het hergebruik van de verschillende onderdelen en componenten te stimuleren en collaboratieve (en dus exponentiële) innovatie in de materiële constructie mogelijk te maken.

Het OS-model is gebaseerd op het gebruik van een raster waarbij de vorm en de afmetingen van de mazen gestandaardiseerd zijn, wat een zekere soepelheid biedt bij het ontwerp van objecten. Deze omvatten een reeks gestandaardiseerde componenten die – hoewel ze gefabriceerd zijn op basis van een breed gamma aan materialen – steeds compatibel en uitwisselbaar zijn. Deze benadering maakt het mogelijk om een hele reeks gestandaardiseerde bouwoplossingen te ontwikkelen en om het hergebruik van meerdere subcomponenten in de bouw te bevorderen.

Alle onderdelen moeten ontworpen worden als dynamische en onderling afhankelijke puzzels. Dit betekent dat ze ontworpen moeten worden met het oog op hun demontage en





volgens eenzelfde dimensionale kader (het OS-raster). Er zijn een aantal empirische regels die in acht genomen moeten worden bij het ontwerp van de verschillende componenten:

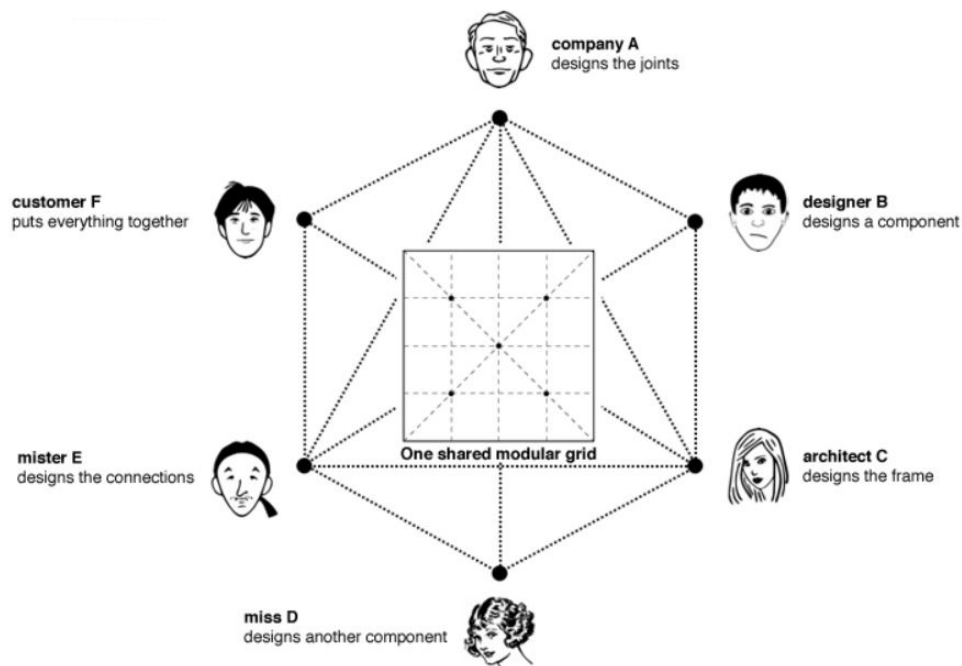
1. men moet **ontwerpen met het oog op een latere demontage**, d.w.z. de voorkeur geven aan assemblagetechnieken die een ontmanteling zonder schade of verliezen mogelijk maken om het hergebruik van de componenten te vergemakkelijken
2. men moet **ontwerpen met recycleerbare materialen**, d.w.z. voor de onderdelen en componenten zoveel mogelijk de voorkeur geven aan materialen die voor 100 % uit gerecycleerd materiaal bestaan
3. men moet **ontwerpen op basis van het OS-raster** (afbeelding 56 B), d.w.z. dit raster gebruiken als ontwerptool voor de keuze van de afmetingen, de assemblagepunten of de verbindingsdiameters, zodanig dat de onderdelen van persoon X compatibel worden met deze van persoon Y.

Het bouwprincipe berust op het assembleren van open structuren op basis van onderdelen en dit, volgens de vier volgende stappen (afbeelding 56 D):

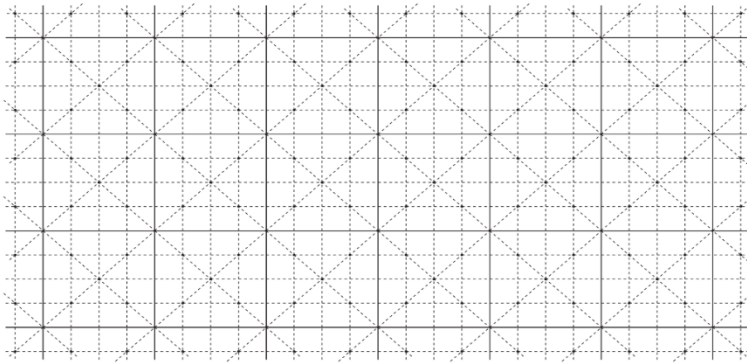
- het creëren van stukken van 4 x 4 cm
- het assembleren ervan tot functionele componenten (koelkasten, keukenlades ...)
- het assembleren van deze componenten tot structuren (keuken, badkamer ...)
- het combineren van deze structuren tot superstructuren (bv. huis).

De catalogi van stukken (meer dan 200), componenten (46) en structuren staan ter beschikking en worden gedeeld.

A



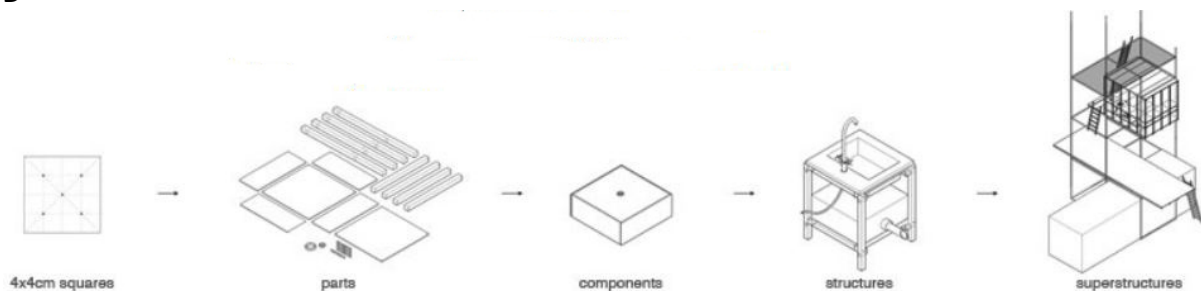
B



C



D



Afb. 56 Ontwerp van modulaire bouwelementen op basis van een geometrisch raster (bron: OpenStructures) [143].

## COLLABORATIEVE ECONOMIE – CLUSTERS

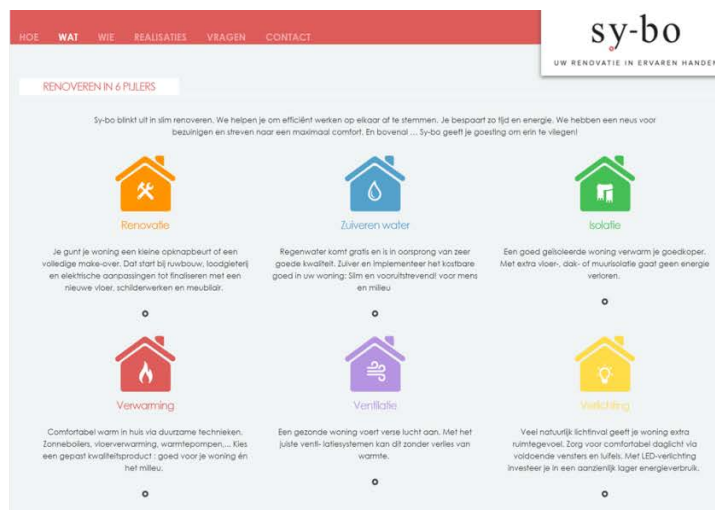
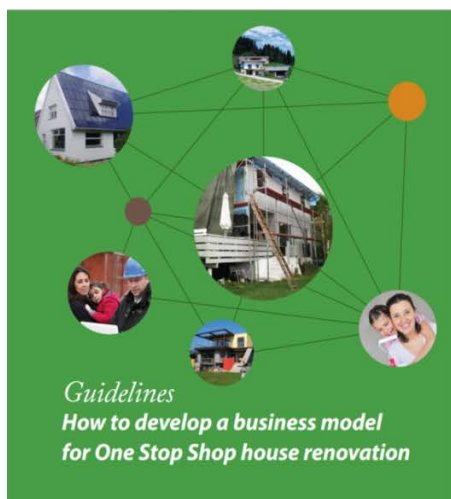
### ONE STOP SHOP – Samenwerking tussen bedrijven om de markt te benaderen

Een One Stop Shop [141] verenigt verschillende bedrijven die hun klanten en hun projecten met elkaar willen 'delen' en dit, om hun partners te helpen om beter gewapend de markt op te gaan. De markt van de woningrenovatie is hier een typisch voorbeeld van: iedere partner heeft een bepaalde specialiteit (dak, gevels, isolatie, schrijnwerk, verwarming, ventilatie ...), maar vele klanten zijn op zoek naar een 'integrale oplossing', zodat ze zelf niet alle partijen apart moeten aanschrijven. Deze manier van werken wordt inmiddels al door een zeker aantal bouwprofessionelen in de praktijk gebracht. Zo bestaat het bedrijf Sy-Bo uit Wingene uit een *cluster* van individuele bedrijven (elektriciteit, ruwbouw ...) en één coördinatrice die het uithangbord is naar de klant toe. De verschillende bedrijven werken semi-formeel samen aan verschillende projecten, en genereren zo enerzijds een continuüm van opdrachten en inkomsten en anderzijds ook meerwaarde, doordat zij hun activiteiten beter op elkaar kunnen afstemmen en efficiënter kunnen werken.

#### Opmerkingen

De invoering van een dergelijke samenwerking stoot in ons land op een aantal moeilijkheden omwille van de Belgische mentaliteit die wil dat een aannemer zelfstandig blijft en zelf 'zijn plan trekt'. De verdeling van de kosten en baten leidt ook soms tot discussies. Een andere moeilijkheid kan optreden wanneer een onderneming beslist een andere weg te volgen dan de andere ondernemingen van de *cluster*. Bij deze samenwerkingsvorm moet met rekening houden met het feit dat bouwprojecten evolutieve relaties tussen de partners vereisen.





Afb. 57 Samenwerking van bedrijven binnen een cluster (bron: WTCB, One Stop Shop, Sy-Bo) [142, 157].

## 5.1.2 Leveren van een dienst in plaats van een product

### 5.1.2.1 Beschrijving

De idee van een 'prestatie-economie', die in de jaren '70 ontwikkeld werd door Walter Stahel, benadrukt het belang van de **verkoop van diensten in plaats van producten**. Dankzij dit concept kunnen fabrikanten een grotere controle over hun producten behouden evenals over de energie en de materialen die erin verwerkt worden, zodanig dat er een beter onderhoud, een gebeurlijke herstelling en een betere recuperatie mogelijk wordt. De klanten hebben evenzeer baat bij dit proces, omdat ze enkel betalen voor de dienst die ze nodig hebben. Deze zou bovendien beter moeten zijn, gelet op het feit dat de fabrikant er meer belang bij heeft om een duurzaam product te leveren.

In een dergelijk economisch model blijft de fabrikant of leverancier verantwoordelijk voor het onderhoud, de herstelling en het beheer van zijn product gedurende de hele levenscyclus. Hij heeft er dus alle belang bij om zijn producten robuuster te maken en ervoor te zorgen dat ze eenvoudiger te demonteren zijn voor herstelling of gebruik in een volgende kringloop. Het model pleit dus voor duurzaamheid als essentiële factor en keurt een geplande veroudering af. De gebruiker/consument betaalt niet langer om het product te bezitten, maar wel om het te gebruiken: de klant is geen eigenaar meer van de bouwelementen, maar huurt ze in het kader van een dienstverleningsovereenkomst op lange termijn.

Er kunnen verschillende vormen van diensten aangeboden worden:

- diensten die gericht zijn op het **gebruik** (gebruik versus eigendom): het product of de uitrusting op zich blijft belangrijk, maar de verkoop ervan is niet langer geïntegreerd in het model. De uitrusting blijft dus de eigendom van de fabrikant, maar wordt op verschillende manieren ter beschikking gesteld van de klant. De facturatie betreft niet langer het product, maar het gebruik dat ervan gemaakt wordt. Het kan hier bijvoorbeeld gaan om *leasing*- of verhuurmodellen



- diensten die gericht zijn op het *resultaat* (prestatie versus product): dit business model integreert geen vooraf vastgelegde producten of uitrustingen. Het is eerder gebaseerd op een akkoord tussen de klant en de leverancier over een te behalen resultaat of prestatie
- diensten die gericht zijn op het *product*: het product blijft centraal in het model en maakt deel uit van de commercialisatie, maar er worden wel extra diensten aan vastgekoppeld (bv. onderhoud, herstelling, uitbreiding van de garantie ...).

Deze werkwijze waarbij er diensten aan de producten gekoppeld worden, wordt aangeduid als het model van de *functionaliteitseconomie*. Deze bestaat erin om van de verkoop van een goed over te schakelen op het ter beschikking stellen ervan (met bv. een prijsstelling op grond van het gebruik). Het is het gebruik van het product dat centraal gesteld wordt in het waardecreatiemodel. De toegevoegde waarde van het product is niet langer afhankelijk van het fysieke productievolume, maar ligt in zijn functie. Dit business model heeft dus betrekking op de productie en de verkoop van een oplossing (of een systeem) waarbij de producten en diensten op een geïntegreerde manier gecombineerd zijn. Het steunt op een aanpassing van het gedrag van de consument en op een nieuw gedematerialiseerd aanbod.

Aangezien het voor dit model nodig is dat de consument afstand doet van het eigenaarschap van het goed dat hij wenst te gebruiken, ontstaan er nieuwe mogelijkheden voor de opkomst van een collaboratieve economie of deeleconomie.

De *collaboratieve economie* omvat alle vormen van uitwisseling van diensten tussen actoren die georganiseerd zijn via netwerken, meestal – maar niet uitsluitend – via digitale platformen <sup>(26)</sup>. De burger wordt consument, maar ook een actor. Deze modellen (delen, ruilhandel, uitwisseling, huur of schenking) maken het mogelijk om de gebruiksgraad van uitrustingen te optimaliseren en aan de noden te voldoen.

Tijdens de gebruiksfase van het gebouw kunnen er business modellen voor het *delen van ruimten en functies* ontwikkeld worden. Het gaat hier om gedeelde lokale, multifunctionele, flexibele ruimten die op efficiënte manier toegang bieden tot essentiële diensten en dit, voor het werk en het ondernemerschap, voor collectieve projecten, voor creatie en voor innovatie. Een gedeelde plek biedt een oplossing voor gebruikers die toegang wensen te krijgen tot bepaalde diensten, competenties, ruimten, uitrustingen of gereedschap. Deze manier van werken laat toe te beantwoorden aan individuele verlangens, praktijken of noden. Ze bevordert ook ontmoetingen en samenwerkingen die plaatsvinden in een persoonlijk, professioneel of verenigingskader.

Deze *gedeelde ruimten* zijn voornamelijk van drie types, maar ongeacht het deelmodel gaat het bijna altijd om het maximaliseren van de bezettingsgraad van de ruimte en het gebruik van technische hulpmiddelen, evenals om het bedenken van andere bronnen van inkomsten (diensten aan gebruikers, hosting van diensten, onthaal of organisatie van evenementen ...).

- *Plaatsen voor cocreatie* moeten persoonlijke of collectieve projecten helpen om te ontstaan, te groeien, zich te ontwikkelen, bekender te worden en zich te toetsen aan

---

<sup>(26)</sup> Het digitale platform Airbnb brengt bijvoorbeeld personen die een verblijfplaats zoeken voor een korte periode in contact met personen die (een deel van) hun woning voor een korte periode te huur aanbieden.



andere projecten. Dergelijke ruimten moeten aanzetten tot een scholing tussen gelijken of met behulp van een ombudsman of opleidingsverstrekker.

- *Gedeelde werkruimten* zijn kantoorruimten die gedeeld worden door een aantal personen die voor eigen rekening werken of aan onafhankelijke projecten. Ze omvatten alles wat nodig is voor het uitvoeren van bureauwerk. Het kan hier ook gaan om ruimten op werven of specifieke plekken die gedeeld worden door één of meerdere aannemers om een *deel van de middelen te delen* (personeel, machines, openbare ruimten ...). Deze centra kunnen een innovatieve oplossing vormen voor de logistiek van bouwplaatsen.
- *Collectief wonen* kan verschillende vormen aannemen:
  - *coöperatief wonen*: een gebouw of een groep gebouwen die behoren tot een coöperatie en die een aantal autonome privé-eenheden bevatten. De bewoners betalen een aandeel om lid te worden, evenals een maandelijkse belasting die vastgelegd wordt door de coöperatie en tot doel heeft om de reële woonkosten te dekken in plaats van winst te creëren. De leden van de coöperatie hebben doorgaans ook toegang tot bepaalde gemeenschappelijke voorzieningen
  - *gezamenlijk wonen* verschilt van coöperatief wonen door het feit dat de bewoners van de privé-eenheden betalen voor een deel van de gemeenschappelijke en gedeelde voorzieningen. De gedeelde voorzieningen zijn uitgebreider dan bij coöperatief wonen
  - *gezamenlijk huren* is een woonvorm waarbij een appartement of woning door meerdere personen gehuurd wordt. Het nieuwe aan deze formule is de schaal (zeer grote huizen, verhuurd tegen marktconforme tarieven), het type huurders (jonge professionals), het belang van delen en de redenen om een grote ruimte te delen.

### 5.1.2.2 Voorbeelden en goede praktijken

## FUNCTIONALITEITSECONOMIE – HET PRODUCT ALS EEN DIENST

### 'PAY PER LUX' van Philips

#### Idee – 'Pay per lux'

'Pay per lux' is het resultaat van een samenwerking tussen architect Thomas Rau en Philips [145], die verlichting als een dienst willen verkopen en waarbij de consument betaalt in functie van de prestatie (de geleverde verlichting, gemeten in lux) in plaats van voor specifieke objecten (armaturen, lampen ...). Deze oplossing kan voor de klant aanzienlijke energie- en financiële besparingen opleveren, vermits hij enkel nog betaalt voor de daadwerkelijk verbruikte hoeveelheid licht. Philips behoudt de controle over de artikelen die de firma produceert, wat het onderhoud, het herstel en de recuperatie ervan vereenvoudigt.

#### Uitvoering – NUS-kantoren te Londen [131]

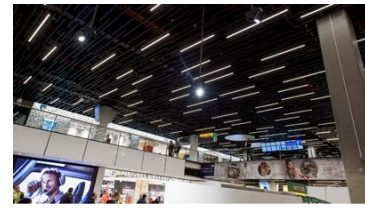
De Londense kantoren van de NUS (*National Union of Students*) zijn uitgerust met ledverlichting van Philips, geleverd met een *leasecontract* tegen betaling van een forfaitair bedrag. Indien de NUS het geplande energieverbruik overschrijdt, betaalt Philips een vergoeding. Voor Philips is er dus een financiële prikkel om een zo energie-efficiënt mogelijke service te bieden. De klant heeft op zijn beurt niet alleen het voordeel dat hij niet vooraf hoeft te betalen, maar ook de zekerheid van een contract tegen een vaste prijs voor de gehele overeengekomen periode, namelijk 15 jaar.





### Uitvoering – Lounge 2 Terminal van de luchthaven van Schiphol [132]

In zijn terminals heeft Schiphol gekozen voor 'licht als een dienst' en dit, in het kader van een akkoord met Philips en het energiedienstenbedrijf Cofely. Deze zijn samen verantwoordelijk voor de prestaties van het systeem, de duurzaamheid ervan, het hergebruik en de recyclage aan het einde van de levenscyclus. Philips werkte samen met het architectenbureau Kossmann.dejong aan de ontwikkeling van een speciale ledverlichting die, gelet op het onderhoudsgemak ervan een levensduur zou moeten hebben die 75 % langer is dan die van een klassiek systeem. De componenten zijn bovendien individueel vervangbaar, wat de onderhoudskosten drukt en vermijdt dat men het volledige toestel dient te recyclen. De luchthaven krijgt een factuur voor het gebruikte licht, terwijl Philips eigenaar blijft van alle uitrustingen die Schiphol huurt voor de contractperiode. Na afloop van het contract zullen de armaturen hersteld en elders hergebruikt worden. Doordat Cofely 24 uur op 24 op Schiphol aanwezig is, kunnen Philips en Cofely het verlichtingssysteem in *real time* beheren om zo een optimale verlichtingservaring en blijvende duurzaamheid te verzekeren.



Afb. 58 Licht als een dienst op de luchthaven van Schiphol (bron: Turntoo & Netherlands Circular Hotspot [92, 138]).

## GEVELS ALS EEN PRODUCT-DIENSTOPLOSSING – TU DELFT

### Idee

Het creëren van een integrale gevel die alle functies verzekert die men van de gebouwschil mag verwachten, met name lucht- en waterdichtheid, thermische isolatie, ventilatie, akoestische isolatie ... De idee is om een circulair economisch model aan te moedigen dat gebaseerd is op het gebruik van multifunctionele gevels als een prestatie-element.

### Uitvoering

De gestage versnelling en de omvang van de energetische renovatie vormen vandaag de dag grote uitdagingen voor de bouwindustrie. De meeste gebouwen die in aanmerking komen voor een renovatie beschikken immers over gevels en bouwsystemen waarvan de prestaties ver onder de actuele normen liggen. Het huidige renovatieproces voor een bestaand gebouw of het proces om de energieprestatie van een nieuwe constructie te verbeteren, is ingewikkeld en impliceert een nauwe samenwerking tussen verschillende partners met vaak strijdige commerciële belangen. Door het beheer en de upgrade van de technologische systemen uit te besteden aan de leveranciers die verantwoordelijk waren voor de ontwikkeling ervan, kan de aanvaarding van nieuwe efficiëntere systemen versneld worden en kunnen de initiële investeringen voor ontwikkelaars en gebouweigenaars verlaagd worden.



### Het verhuren van gevels berust op twee types innovaties:

- enerzijds een technologische innovatie die gegenereerd wordt door de *multifunctionele gevels*, die toelaten om gebouwschillen op te trekken die het binnencomfort verzekeren door de integratie van decentrale systemen die de traditionele installaties vervangen. Deze gedecentraliseerde technologieën omvatten systemen voor de energieproductie, luchtbehandeling, elektrische en communicatie-infrastructuren en eventueel ook andere elementen zoals controleschermen en luchtfilteringsystemen (begroeide componenten)
- anderzijds, een innovatie op het vlak van de *commerciële en beheerspraktijken* – nieuwe wijzen van financiering, *outsourcing* en exploitatie van deze nieuwe, complexe bouwsystemen – die de noodzakelijke transitie gedurende het volledige bouwproces zou kunnen vergemakkelijken: gaande van een ontwerp van gemakkelijk te onderhouden en te vervangen componenten, tot een productie van hoge kwaliteit, gebaseerd op duurzaamheid in plaats van initiële kost, maar vooral in de exploitatiefase, dankzij een nauwere samenwerking tussen de leveranciers van de technologieën en de klanten (of gebruikers).

In september 2016 heeft een consortium van ondernemingen, bestaande uit leveranciers van componenten en gevelfabrikanten, een pilootproject opgestart dat tot doel had om een deel van de gevel van het gebouw van de faculteit Elektrotechniek van de TU Delft tijdelijk te vervangen door een geïntegreerde gevel.

#### Opmerkingen

Aangezien het project nog in een experimentele fase verkeert, is het nog niet mogelijk om de prestatie op lange termijn van een dergelijke gevel te beoordelen, noch om de juridische implicaties en werkelijke kosten ervan te beoordelen.



Afb. 59 Multifunctionele gevel van de universiteit van Delft (bron: TU Delft) [161].

### *DESIGN-BUILD-FINANCE-MAINTAIN*

#### *Winkels als product-dienstoplossing – Beneens (concept)*

#### Idee

Het ontwerpen en optrekken van winkels volgens het DBFM-principe (een methode die vergelijkbaar is met een publiek-private samenwerking): ontwerp (*design*), bouw (*build*), financiering (*finance*) en beheer (*maintain*).

#### Uitvoering

Volgens het DBFM-principe is één enkele operator (in dit geval Beneens) verantwoordelijk voor het ontwerp, de bouw en het onderhoud van de ruimten gedurende een bepaalde periode. Deze zorgt voor de (voor)financiering van het project en verhuurt het aan de klant



voor een vastgelegde periode, waarna deze laatste eigenaar wordt. Het concept van een winkel als een product-dienstoplossing berust op een productie zonder afval door maximaal hergebruik van materialen in een gesloten kringloop. Beneens heeft hiervoor vier firma's rond de tafel gebracht – Sustenuto (maatschappelijk verantwoord ondernemen en 'Cradle to Cradle'-ondersteuning), Helbig (leverancier van materialen voor winkelmeubilair), Gyproc (producent van gipskartonplaten) en Xandres (kledingketen als klant) – en deze ervan overtuigd om de winkels in te richten volgens een duurzaam principe. Samen hebben ze geopteerd voor een herbruikbare verlichting en een verwijderbare vloer- en plafondbekleding die elders opnieuw geplaatst kan worden.

De karakteristieken van de DBFM-methoden zijn opgesomd in tabel 3.

Tabel 3 Karakteristieken van de DBFM-methode.

Design	Build
Lange levensduur Potentiële restwaarde Gering energieverbruik Geringe onderhoudskosten 'Cradle to Cradle' Modulaire en flexibele muursystemen 'Box in the Box'-ontwerp	Oprichting ter plaatse Duurzame bouwprincipes Noodzaak van een goede werkvoorbereiding Beperkte installatieduur op de bouwplaats Minder transport Samenwerking met onderaannemers Recyclage van het afval
Maintain	Finance
Installatie-onderhoud (elektriciteit en HVAC) Dagelijks beheer van het gebouw Samenwerking met onderaannemers om de transportkosten te drukken	Relatie met banken Opstelling van huurcontracten

Deze manier van werken levert een aantal voordelen op en dit, zowel voor de winkeluitbater (lagere kosten, toename van het concurrentievermogen, outsourcing van het beheer van de installaties, meer tijd voor de verkoop) als voor de aannemer (klantenbinding, recurrente inkomsten en ontwikkeling van aanvullende diensten).

### Opmerkingen

Hoewel de idee interessant is, zit het project thans nog in de proeffase. De haalbaarheid van het model is nog niet helemaal duidelijk (kosten/baten, belangstelling van de markt ...).

## COLLABORATIEVE ECONOMIE - DELEN VAN RUIMTEN EN FUNCTIES

### NOORD4US

#### Idee

Het creëren van een gezellige, duurzame, zuinige habitat dankzij een slimme samenwerking

#### Uitvoering

NOORD4US [140] voert deze idee uit aan de oevers van de IJ, in het district Amsterdam-Noord, door de oprichting van een collaboratieve economie. 'Hoe meer je deelt, hoe meer je bezit', is het credo van NOORD4US. Dit delen heeft betrekking op een heel gamma van



diensten en ruimten: appartementen (7 types appartementen worden aangeboden), tuinen, wasmachines, elektrische auto's, fietsen ...

De bewoners kunnen bovendien tal van individuele of collectieve initiatieven nemen. Afhankelijk van de indeling en de gemaakte keuzes kunnen er 10 tot 15 huishoudens de ruimte delen en samen bepalen wat ze willen delen. Dankzij deze innovatieve manier van leven, beschikken de bewoners over veel meer plaats, kunnen ze het milieu beschermen en veel besparen.

Het collectief heeft gekozen voor een duurzaam gebouw waarbij de energieproductie verzekerd wordt door zonnepanelen, de ruimten verwarmd worden door de restwarmte van het ventilatiesysteem en door een warmte-opslagsysteem.

## JUSTPARK

### Idee

De toegang tot individuele parkeerplaatsen vergemakkelijken en de niet-benutte ruimten delen volgens een collaboratief concept.

### Uitvoering

JustPark [129] beoogt om alternatieve, lokale en minder dure parkeerplaatsen aan te bieden, terwijl de eigenaars van deze ruimten geld verdienen en het gebruik ervan maximaliseren. Een mobiele app detecteert automatisch de vrije staanplaatsen, waardoor men geen nodeloze kilometers moet afleggen om zijn wagen te parkeren. De beschikbare parkeerplaatsen in de buurt van een halte van het openbare vervoer maken ook deel uit van de logica van een geïntegreerde multimodale mobiliteit waarbij een eerste deel van het traject afgelegd wordt met de auto en de rest met het openbare vervoer.

## 5.1.3 Creëren van waarde op basis van afval

### 5.1.3.1 *Beschrijving*

Veeleer dan de afvalproductie te beperken, streeft dit generieke business model ernaar om waarde te creëren op basis van datgene wat men vandaag als afval beschouwt.

Het tracht dus de milieu-impact van de industrie te verminderen door de vraag naar grondstoffen te beperken, door de materiaalkringloop te sluiten en door gebruik te maken van afvalstromen om andere producten te creëren. Zo moeten er minder grondstoffen ontgonnen worden en wordt de uitputting van de fossiele brandstoffen beperkt.

De fabrikanten kunnen onder bepaalde voorwaarden een **inzamel- en herstellingskringloop** ('take back management') voor hun producten of voor het bouwafval ervan op poten zetten. Vermits deze producten of dit afval opnieuw in de productiecycclus terechtkomen, verlengt de fabrikant de levensduur van de producten, die hij in feite meerdere keren kan verkopen. Om het voortbestaan van zijn business model te waarborgen, moet het bedrijf soms bepaalde stimulerende maatregelen of contractuele afspraken met zijn klanten voorzien om er zeker van te zijn dat hij zijn producten en het uitvoeringsafval terug zou krijgen. In plaats



van verloren te gaan of verspild te worden, worden deze materialen nu in de kringloop gehouden en zelfs naar een hoger niveau gebracht door een herstelling, een upgrade of een hervervaardiging.

Dit model heeft voor de producent verschillende voordelen te bieden:

- door de levensduur te verlengen dankzij de recyclage van de secundaire grondstoffen, kan de producent zijn verbruik (onder meer van energie) en zijn afhankelijkheid van natuurlijke grondstoffen met een fluctuerende prijs verminderen
- dankzij de herverkoop van de producten, neemt zijn omzet toe
- door de herstelling van zijn producten krijgt hij interessante informatie over hun duurzaamheid en hun betrouwbaarheid, die hij vervolgens kan gebruiken bij het ontwerp van nieuwe goederen.

Er wordt een omzet gecreëerd door de omvorming van bestaande producten tot nieuwe producten met toegevoegde waarde en door een vermindering van de kosten. De ontwikkeling van samenwerkingsplatformen om de omgekeerde logistiek te verbeteren, is essentieel. Deze platformen, die de link maken tussen het aanbod en de vraag, zijn locaties voor het delen van en toegang tot grondstoffen, vaardigheden of informatie.

In het bijzondere geval van een *industriële symbiose* kan de fabrikant samenwerkingsverbanden opzetten om een deel of het geheel van zijn (ontgonnen) grondstoffen te vervangen door industrieel afval, afkomstig van een partnerbedrijf. Dit concept berust op een samenwerking en uitwisselingssynergieën die mogelijk gemaakt worden door de geografische nabijheid en het opzetten van korte economische circuits. Synergieën tussen bedrijven worden vaak opgezet in zogenoemde duurzame industrieparken <sup>(27)</sup>.

Deze uitwisselingen komen in de eerste plaats tegemoet aan economische behoeften, of het nu gaat om het beheersen van de uitgaven of het verminderen van het verbruik van grondstoffen. Als tegenprestatie dragen deze uitwisselingen bij tot het verminderen van de milieu-impact ten gevolge van de aanvoer van grondstoffen en de afhankelijkheid van de grondstoffen. De voordelen voor het milieu zijn duidelijk en vormen één van de drijfveren van het model (vermindering van de hoeveelheid afval, vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, minder waterverbruik).

Een onderneming die een industriële symbiose wil opzetten, moet hiervoor de bedrijven identificeren die haar afvalstoffen als grondstoffen kan gebruiken. Omgekeerd moet ze ook de ondernemingen identificeren die afvalstoffen produceren die haar grondstoffen kunnen vervangen. Om deze zoektocht te vergemakkelijken, kan de onderneming deelnemen aan platformen die afvalproducerende bedrijven in contact brengen met bedrijven die dit afval kunnen gebruiken. In Vlaanderen is een voorbeeld van een dergelijk platform beschikbaar via het Symbiose-project [89].

---

<sup>(27)</sup> Zie hiervoor ook de 'Symbiose van Kalundbord', een origineel voorbeeld van een concept van industriële symbiose (onder meer op <http://www.symbiosis.dk/en>).





### 5.1.3.2 Voorbeelden en goede praktijken

#### INZAMELKRINGLOOP & GESLOTEN KRINGLOOP

##### DERBIGUM – Inzameling en recyclage van dichtingsmembranen

###### Idee

Het opnieuw invoeren in de productiecyclus van bitumineuze membranen afkomstig van oude daken of snijafval.

###### Uitvoering

Gelet op de schommelende olieprijsen, heeft Derbigum [119] een recyclagebeleid (kringloop) ontwikkeld voor bitumineuze afdichtingsmembranen. De evolutie van de olieprijsen bepaalt het economische terugnamemodel: naarmate de olieprijsen hoger zijn, wordt het voor de fabrikant interessanter om het afval van de membranen terug te nemen. Het snijafval (ongeacht het merk van het product) kan gratis afgeleverd worden in *big bags* bij de deelnemende verdelers en aanbrengrers in België.

Voor deze oude dakbedekkingen werkt Derbigum nauw samen met de afbraaksector en de afvalverzamelaars om zodoende te komen tot een recyclage van goed 2000 ton per jaar.



Afb. 60 Recuperatie en inzameling van bitumineuze afdichtingen (bron: Derbigum & WTCB) [119].

##### TARKETT

###### Idee

Het op punt stellen van een ontwerpbenadering voor vloerbekledingen in een gesloten kringloop.

###### Uitvoering

Een gesloten kringloop impliceert de keuze voor recycleerbare materialen, de minimalisering van de ecologische voetafdruk bij de productie (gebruik van water in een gesloten kringloop, gebruik van biomassa voor de energieproductie ...), de fabricage van producten met een minimaal gehalte aan vluchtige organische stoffen en de overgang van een 'einde van de levenscyclus'-mentaliteit naar een 'einde van het productgebruik'-mentaliteit.

De producent van de vloerbekledingen [158] streeft ernaar om minder grondstoffen aan te wenden en om het gebruik ervan te optimaliseren gedurende het volledige fabricageproces, wat moet toelaten om de uitputting van de natuurlijke grondstoffen tegen te gaan. Het doel



is om het afval om te vormen tot een grondstof of tot nieuwe producten met een gelijkaardige of zelfs betere kwaliteit.

Hiertoe heeft de onderneming in Noord-Amerika en Europa een terugnameprogramma voor haar afval (ReStart) op poten gezet, met als oogmerk om haar vloerbekledingen op het einde van hun leven terug in te zamelen en te recyclen via een aantal interne recyclagecentra.

## DESSO

### Idee

Het opzetten van een gesloten kringloop voor de valorisatie van het afval van tapijttegels.

### Uitvoering

Om de kringloop te sluiten, moeten de gebruikte producten ingezameld kunnen worden en vervolgens gerecycleerd of hergebruikt. De fabrikant [120] heeft dus een terugname- en recyclagemethode voor zijn materialen ontwikkeld. In België heeft Desso een samenwerking op poten gezet met een afvalinzamelaar om afval van tapijttegels te recupereren en dit afval te herintroduceren in het fabricageproces. De tegels worden op drie manieren ingezameld: op RollerDoc, op pallet of in een container. De RollerDocs (afbeelding 61, rechts) en de containers worden binnen de 48 uur geleverd en blijven twee weken lang ter plaatse staan voor de inzameling. De verwijdering door de afvalverzamelaar gebeurt binnen de 48 uur.

De fabrikant scheidt de draden, de vezels en de onderlaag van de tegels. Dit proces levert twee grote materiaalstromen op: de draad, die teruggebracht wordt naar de leveranciers van het bedrijf om gerecycleerd te worden, en het bitumen – het belangrijkste bestanddeel van de huidige onderlagen – dat herverkocht wordt als grondstof voor de wegebouw en de fabricage van dakbedekkingen.



Afb. 61 Valorisatie van het afval van tapijttegels (bron: DESSO) [120].

## ARMSTRONG

### Idee

Het opzetten van een gesloten kringloop voor de valorisatie van het afval van verlaagde plafonds.

### Uitvoering

De fabrikant [100] stelt twee principes voor om het afval van zijn verlaagde plafonds uit minerale wol te recupereren. Het eerste heeft betrekking op het snijafval dat ontstaat bij de uitvoering van nieuwe plafonds. Dit afval wordt door de installateur op de bouwplaats



opgeslagen in specifieke zakken die vervolgens door de producent gerecupereerd worden. Het tweede heeft betrekking op de elementen van het verlaagde plafond die het einde van hun levenscyclus bereikt hebben. De inzameling en verwijdering gebeuren op dezelfde manier als bij nieuwe plafonds. De door de fabrikant ingezamelde elementen worden vervolgens naar de productiefabriek gebracht, waar ze in een nieuwe productiecycclus geïntegreerd worden, zodat er een recyclage in gesloten kringloop is.



Afb. 62 Valorisatie van het afval van verlaagde plafonds (bron: Armstrong) [100].

## INDUSTRIËLE SYMBIOSE

### LOKAAL FOSFOGIPS – Knauf ECOGypsum

#### Idee

Het lokaal produceren van duurzaam gips door de valorisering van de afvalstoffen van een onderneming in het productieproces van een andere.

#### Uitvoering

Gipsbepleisteringen bestaan voor 99 % uit minerale grondstoffen en voornamelijk uit calciumsulfaat. Gips is verkrijgbaar in verschillende vormen: als natuurlijk gips (exploitatie van groeven), als REA-gips (uit de ontzweveling van rookgassen van thermische centrales) of als fosfogips (uit de productie van fosfaten).

In Engis, in de buurt van Luik, heeft Knauf [130] een gipsproductiefabriek die een honderdtal meter verwijderd is van een onderneming die fosfaatafval produceert in hoeveelheden en een kwaliteit die voor Knauf interessant zijn voor zijn gipsproductie. Het afval wordt via een transportband over de Maas vervoerd, zonder dat er zware vervoersmiddelen nodig zijn. Het bedrijf waarmee Knauf in het kader van deze symbiose samenwerkt, is SILOX [153], een onderneming die reduceerstoffen op basis van natriumhydrosulfiet produceert, evenals een uitgebreid gamma zinkoxides.

Dankzij een geïntegreerd bevoorradingsstelsel op lokaal niveau is het energieverbruik bij de bron voor het vervoer en de levering van de grondstoffen en afgewerkte producten aanzienlijk lager.

#### Opmerkingen

De moeilijkheid van een dergelijke symbiose ligt in de afhankelijkheid van een externe speler voor de levering van een essentiële grondstof. Het is bijgevolg noodzakelijk dat er een partnerschapscontract opgesteld wordt op lange termijn, teneinde een toereikende en efficiënte bevoorrading te waarborgen en te vermijden dat een bedrijf in moeilijkheden andere bedrijven met zich zou meesleuren.





Afb. 63 Industriële symbiose tussen een gipsfabrikant en een bedrijf dat fosfaatafval produceert (bron: © 2017 Google).

## COLLABORATIEVE ECONOMIE

### PLATFORM VOOR DE INZAMELING VAN GRONDSTOFFEN – Harvestmap (Superuse Studios)

#### Idee

Geografische aanduiding (kaart) van het afval dat in de buurt van een bepaalde bouwplaats beschikbaar is om dit in nieuwe gebouwen te kunnen gebruiken.

#### Uitvoering

Superuse Studios heeft een 'oogstmap' (*harvestmap*) voor de stad Rotterdam [127] opgesteld met als oogmerk om links te creëren tussen de vraag naar materialen en het op het terrein aanwezige aanbod. De gerecupereerde materialen krijgen een referentie op het webplatform (materialenbibliotheek), met daarbij hun locatie. Het platform wordt aangevuld door een gespecialiseerd team dat de potentiële materiaalvoorraden lokaliseert en van een referentie voorziet. Deze tool kan gebruikt worden door de bouwonderneming om het 'afval' in de buurt van hun bouwplaats te identificeren.

De idee is om nieuwe waarde te geven aan datgene wat reeds beschikbaar is en om een nieuwe materialenstroom te creëren. Superuse Studios gaat ervan uit dat het interessanter is om het afval van een bepaalde industrie te valoriseren in een andere sector dan om de materialen in een gesloten kringloop te houden. Deze 'oogstmap' werd uitgetest in het project voor de Villa Welpeloo (zie § 4.1.5.2). Ondertussen werden er ook gelijkaardige oogstmappen ontwikkeld voor steden zoals Glasgow [126] of Utrecht [128].

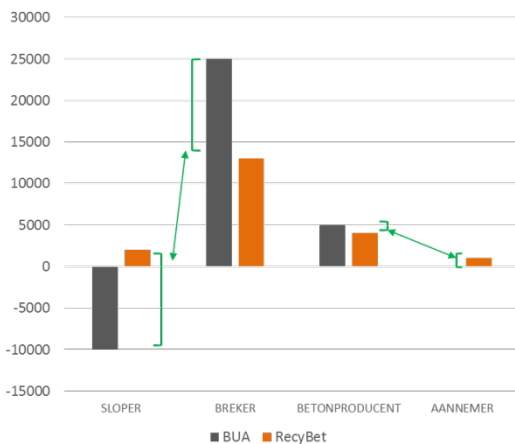








## ■ Roadmap RecyBet



Afb. 65 Model voor het delen van competenties (bron: WTCB).



### Mogelijkheden van een keten met een korte kringloop:

- Doorgedreven selectieve afbraak (*cherry picking*): aparte en zuivere aanlevering van hoogwaardige betonfracties
- Een afzonderlijke breekstroom voor het verkrijgen van hoogwaardige gerecycleerde granulaten
- Betonproducent: vervangt de natuurlijke granulaten
- Aannemer: beter imago, geen extra inkomsten

## 5.2 Huidige en toekomstige ontwikkelingen

### 5.2.1 Industrie 4.0

De bouwsector is het tijdperk van de 4<sup>e</sup> industriële revolutie ingegaan. Deze 'Industrie 4.0' wordt gekenmerkt door de ontwikkeling van technologieën die ten dienste staan van het bouwen, beheren, onderhouden en renoveren van onze gebouwen: artificiële intelligentie, robotica, Internet der Dingen, 3D-printing, drones, virtual reality, BIM ... zullen een revolutie teweegbrengen in de sector.

### 5.2.2 Levenscycluskosten

Vandaag de dag worden de meeste gebouwen ontworpen met het oog op de vermindering van de initiële bouwkosten. In meer geavanceerde economische modellen wordt het ontwerp van een gebouw geoptimaliseerd naar zijn onderhouds- en gebruikskosten en niet alleen naar zijn initiële kost. Er wordt met andere woorden eerder gekeken naar de *Total Cost Ownership* (TCO) of de *Life Cycle Costs* (LCC), die vervolgens vertaald kunnen worden naar een ander verdienmodel.

In een economische logica van circulair bouwen is er echter nog een bijkomende dimensie die in beschouwing genomen moet worden bij het optimaliseren van het ontwerp van het gebouw. Deze heeft betrekking op de sloop- of afbraakkosten. Er zou ook meer belang gehecht moeten worden aan de selectieve ontmanteling, gericht op het optimaliseren van de nuttige toepassing van de vrijgekomen materialen. Bovendien zouden – volgens de in dit document voorgestelde principes van *urban mining* – de sloopkosten niet langer als een kostenpost, maar als een bron van inkomsten beschouwd kunnen worden.



### 5.2.3 Functionaliteitseconomie

De vertaling van het functionaliteitsprincipe naar de bouwsector is niet altijd eenvoudig. Gelet op de lange levensduur van bouwmaterialen in vergelijking tot deze van andere gebruiksgoederen is het voor de fabrikanten moeilijk om het recuperatiepotentieel ervan correct in te schatten.

Een aantal gebouwcomponenten – met name de installaties – lenen zich wellicht gemakkelijker voor dergelijke formules: verwarmingstoestellen, verlichtingsarmaturen, zonnepanelen, ventilatiesystemen en warmtepompen zouden door de fabrikanten bijvoorbeeld aangeboden kunnen worden als diensten en aldus ter beschikking gesteld kunnen worden van de klanten in plaats van verkocht.

De ontwikkeling van een dergelijk business model roept echter wel vragen op omtrent de eigendom van de bouwelementen, rekening houdend met de mogelijke gebruikerswijzigingen en de evolutie of het verdwijnen van de bedrijven. De algemene invoering van een dergelijke eigendomsoverdrachtstructuur zou voor de bouw een heuse paradigmaverschuiving betekenen. Hoewel de eigenaars en de gebouwinvesteerdere verwachten dat hun beleggingen rendabel zijn, bestaat de primaire behoefte niet langer uit het bezitten van een goed, maar wel uit het beschikken over ruimten om de gebruikers te herbergen.

Het traditionele model voor de aannemer dat erin bestaat om te ‘bouwen’ of te ‘ontwerpen-bouwen’ zou kunnen evolueren naar een model van ‘ontwerpen-bouwen-uitbaten’.

### 5.2.4 Industriële symbiose

In het kader van een industriële symbiose is het essentieel dat de partnerschapscontracten opgesteld worden op lange termijn en goed omkaderd worden, zodat een onderneming in moeilijkheden geen andere met zich meesleurt. Ondanks het economische nut ervan, kan een industriële symbiose soms moeilijk uitvoerbaar zijn. De markteconomie, waarin bedrijven met elkaar concurreren, is niet bevorderlijk voor het creëren van synergieën en informatie-uitwisseling.

### 5.2.5 Verlenging van de levensduur

Gelet op de constante stijging van de prijs van grondstoffen en het bevoorradingsrisico zetten bepaalde ondernemingen een beheer van grondstoffen in gesloten kringlopen op. In de logica van een circulaire economie kunnen ze samenwerkingsverbanden ontwikkelen om competenties (bv. op het vlak van afvalbeheer of omgekeerde logistiek) of middelen (financiële of materiële) te delen. Daartoe werken zij vaak samen met bedrijven die gespecialiseerd zijn in de inzameling (of de recyclage) van afval, omdat deze laatste afval kunnen inzamelen van producten die zij op de markt hebben gebracht. Deze samenwerking tussen producerende ondernemingen en ondernemingen die gespecialiseerd zijn in afvalbeheer kan uitgebreid worden met een logistieke partner of een verdeler.



Een van de belangrijkste wijzigingen die teweeggebracht worden door het sluiten van kringlopen, is dat de producent verantwoordelijk wordt voor de hele levenscyclus van zijn producten. Vanuit een reglementair oogpunt beoogt de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid dat de producent de kosten betaalt voor de behandeling van zijn vervuilende producten die het einde van hun levenscyclus bereikt hebben. Voor de bouwsector bestaat er in België momenteel nog geen concrete regelgeving hierrond, maar sommige producenten hebben al op deze problematiek geanticipeerd door de verlenging van de levensduur van hun producten op te nemen in hun business model.



## 6. Samenvatting en besluit

De bouwsector is een **belangrijke industriële sector** voor de verdere ontwikkeling van de circulaire economie in Europa, maar ook in België.

Ons land kan geciteerd worden als een voorbeeld voor wat de recyclagegraad van bouwafval betreft. Deze recyclage leidt echter ook vaak tot een verslechtering van de materiaaleigenschappen en tot een hergebruik ervan voor minder waardevolle functies (*downcycling*).

In Europa is naar schatting bijna de helft van de gebouwen te groot voor de behoeften van de gebruikers. Bovendien is de bouwsector een grote gebruiker van materialen op basis van natuurlijke grondstoffen. De sector is evenzeer verantwoordelijk voor een groot deel van de uitstoot van broeikasgassen en dit, niet alleen voor het gebruik van de gebouwen, maar ook voor de levering en het transport van de grondstoffen.

De sector werkt nog voornamelijk volgens een klassiek lineair economisch model. De natuurlijke grondstoffen worden er gebruikt om materialen te produceren die in het merendeel van de gevallen niet gevaloriseerd worden aan het einde van hun levenscyclus. Dit systeem gaat ervan uit dat de grondstofvoorraden oneindig zijn en dat het afval zonder beperkingen en zonder milieu-impact of financiële impact opgeslagen kan worden.

De bouwsector is dus tegelijkertijd een **grote verbruiker van grondstoffen** en een **belangrijke afvalproducent**. De voornaamste uitdagingen waarmee de bouwsector te maken krijgt, zijn:

- de realisatie (ontwerp en opbouw) van duurzame gebouwen die de principes van de circulariteit in zich dragen
- het efficiënte gebruik van de materiële middelen die aanwezig zijn in de bestaande bouwvoorraad, door middel van het onderhoud van de gebouwen, het hergebruik van de componenten en de recyclage ervan
- het uitwerken van nieuwe business modellen die bijvoorbeeld berusten op de verkoop van diensten met toegevoegde waarde in plaats van op de verkoop van producten.

Een overgang van een lineair economisch model naar een circulair model vormt dus een opportuniteit voor de bouwsector. De circulaire economie kan beschouwd worden als een alternatief model dat erop gericht is om de grondstoffen zo lang mogelijk te blijven gebruiken teneinde er zo veel mogelijk waarde uit te halen en om deze op het einde van hun levenscyclus te regenereren of te recupereren. Deze overgang doet zich voor op twee parallele domeinen:

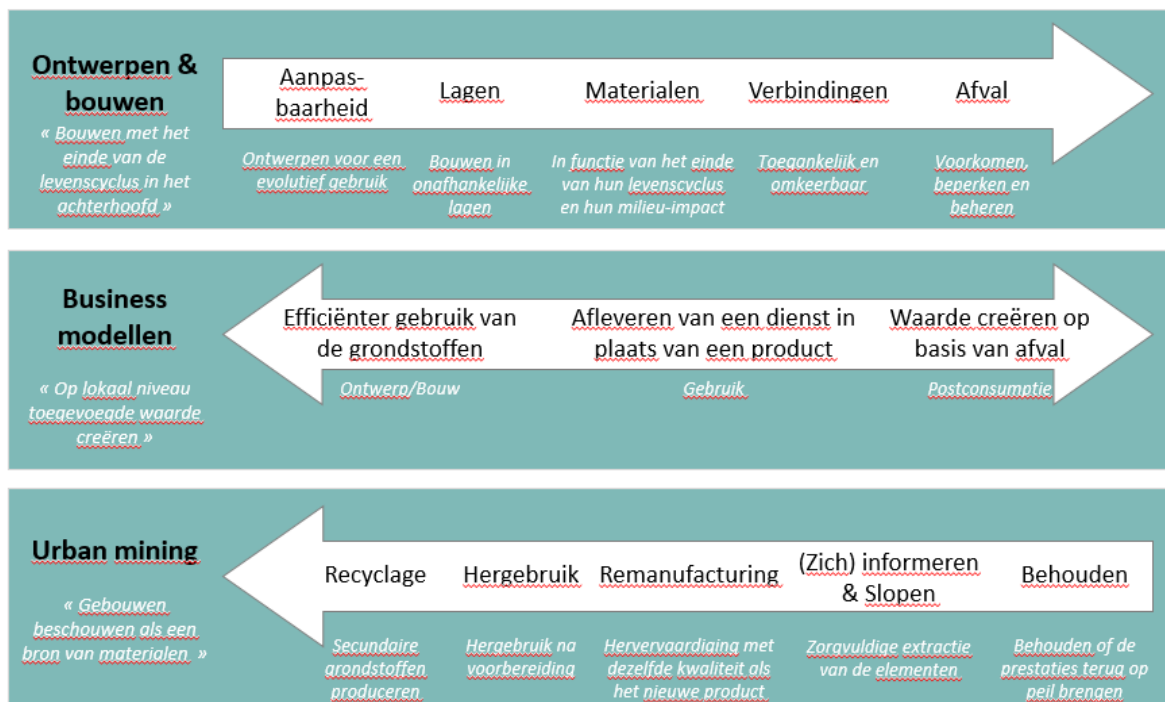
- door middel van een **technische en technologische evolutie** die ernaar streeft om de waarde van de producten, elementen en bouwmaterialen te verhogen en dit, zowel in de ontwerp- en constructiefase als tijdens de gebruiksfase en aan het einde van de levenscyclus, bijvoorbeeld via ecodesign, omkeerbare verbindingen en de beschikbaarheid van informatie gedurende de volledige levenscyclus van de producten en materialen
- door middel van een **economische evolutie** die de sector ertoe aanspoort om nieuwe business modellen te vinden, onder meer door de rol van producent van technieken te



veranderen in een rol van leverancier van diensten, wat kan leiden tot een toename van de competitiviteit. Deze economische evolutie kan beantwoorden aan de noden van de markt door nieuwe langetermijnrelaties op punt te stellen met de klant.

Deze twee evoluties zorgen ervoor dat de bouwsector gaat steunen op drie belangrijke pijlers die de volledige levenscyclus van het gebouw omvatten:

- toepassing van de principes van het **circulaire ontwerp en van circulair bouwen**: aanpasbaarheid van de bouwwerken, goede keuze van de materialen en de verbindingen en vermindering van het afval
- ontwikkeling van de principes van **urban mining**, waarbij de gebouwen beschouwd worden als een materialenvoorraad: dit concept vergt een inventarisering, selectieve ontmanteling, hervervaardiging, hergebruik en recyclage van de elementen en materialen
- uitwerking van **circulaire business modellen**, waarbij gestreefd wordt naar een efficiënter gebruik van de grondstoffen, het afleveren van diensten in plaats van producten of het creëren van waarde op basis van afval en dit, teneinde de producten en materialen zo lang mogelijk in gebruik te houden en er zoveel mogelijk waarde uit te halen.



Afb. 66 De drie belangrijkste pijlers van de circulaire economie in de bouw (bron: WTCB).

In deze optiek beschouwt de circulaire economie gebouwen niet langer als permanente structuren, maar als tijdelijke compilaties van materialen die later gevaloriseerd kunnen worden in andere bouwwerken en dit, volgens bijzondere uitwisselings- en samenwerkingsmodellen.





Het is dus belangrijk om de manier te plannen waarop een gebouw uiteengehaald kan worden, teneinde de levensduur van de componenten te verhogen. Deze manier van ontwerpen met het oog op een latere demontage of ontmanteling vereist dat er rekening gehouden wordt met een aantal aspecten:

- het opteren voor materialen met specifieke eigenschappen die het mogelijk maken ze te hergebruiken: gebruik van hoogwaardige materialen die meerdere levenscycli kunnen hebben en voldoende zuiver zijn om ze te kunnen recyclen, producten die onschadelijk zijn voor de mens en het milieu ...
- het in aanmerking nemen van de volledige levenscyclus van het gebouw bij het ontwerp: mogelijkheid om elementen met een kortere levensduur aan te passen of te vervangen, zonder schade toe te brengen aan de andere elementen, flexibiliteit van het gebouw om een functieverandering en een aanpassing in de loop van de levensduur mogelijk te maken ...
- het uitwerken van eenvoudige bouwsystemen op basis van het gebruik van modulaire of geprefabriceerde elementen wat een gemakkelijke ontmanteling toelaat
- het gebruik van droge, omkeerbare en toegankelijke verbindingen, die een vlotte en herhaalde assemblage en ontmanteling toelaten.

Het **valoriseren van gebouwelementen** aan het einde van hun levensduur impliceert het respecteren van de volgende principes:

- er moet vanaf de ontwerpfase (met name voor nieuwbouw) informatie verzameld worden over de waarde en de kwaliteit van de gebruikte elementen, die bovendien toegankelijk moet blijven voor alle partners. Er moet duidelijk vastgelegd worden wie de eigenaar is van deze gegevens en wie verantwoordelijk is voor het updaten ervan. Indien dit niet het geval is – bijvoorbeeld voor bestaande gebouwen – dan moeten deze gegevens verzameld worden vóór het slopen ervan
- het gebouw moet correct onderhouden worden om de levensduur van de elementen te waarborgen en om hun waarde te verzekeren (vooral aan het einde van hun levenscyclus)
- het is essentieel dat al deze gegevens gedigitaliseerd worden en ingevoerd in een materiaalpaspoort. Dit paspoort moet geüpdatet worden telkens wanneer het gebouw wijzigingen of renovaties ondergaat. De elementen zouden voorzien moeten zijn van instructies om de gebruikers in te lichten over de manier waarop ze hersteld of ontmanteld moeten worden
- oude of gebruikte bouwelementen zouden – in de volgende volgorde – op of buiten de bouwplaats hergebruikt moeten worden, hervervaardigd of gerecycleerd en dit, bij voorkeur in een gesloten kringloop.

**Nieuwe business modellen** tonen aan dat het door een aanpassing van onze zienswijze omtrent de toegang tot eigendom, mogelijk is om de waarde van de grondstoffen te bewaren en deze langer in omloop te houden. Om de kringloop te sluiten, zijn er echter nieuwe modellen nodig. Zo zijn er al een aantal nieuwe modellen verschenen die gebaseerd zijn op de volgende principes:

- in plaats van louter producten op de markt te brengen, zouden de bedrijven diensten kunnen leveren aan de gebruikers (die niet langer een eenvoudige consument is). Deze opvatting van commerciële uitwisselingen wijzigt het begrip van eigendom. Men wordt aangemoedigd om eerder te profiteren van het gebruik van een product dan om het product te verwerven. De bedrijven moeten bijgevolg een aantal aanpassingen



doorvoeren om hun producten aan het einde van hun levenscyclus te kunnen recupereren en opnieuw te gebruiken in een nieuwe commerciële cyclus

- alle partners uit de waardeketen moeten baat hebben bij de ontwikkeling van nieuwe markten. Dit kan door het identificeren van de economische, maatschappelijke of milieuvoordelen
- om alle aspecten van de circulariteit te dekken, vereisen deze modellen de oprichting van partnerschappen en samenwerkingsverbanden tussen bedrijven, en dan vooral indien ze tot verschillende professionele sectoren behoren. Communicatie en delen zijn hierbij essentiële waarden die ervoor zorgen dat alle partners voordeel halen uit de samenwerking.

De overgang van de bouwsector naar een circulair model zal niet alleen bepaald worden door externe factoren, maar ook door de wil van de actoren om te evolueren en zich te differentiëren. Er zijn echter ook nog talrijke **technische, economische, maatschappelijke, juridische en milieu-uitdagingen**.

Wat de externe factoren betreft, hebben de **politieke strekkingen** een belangrijke invloed. Het gaat hier zowel om Europese, federale als gewestelijke initiatieven die een motiverend kader bieden voor hergebruik, recyclage en andere aspecten van duurzaam bouwen. Deze maatregelen, zoals een specifiek wettelijk of fiscaal kader, zouden de economische ontwikkeling van nieuwe waardeketens moeten aanmoedigen.

De **economische factoren** hebben vooral betrekking op de financiële aantrekkelijkheid van de nieuwe business modellen en de noodzaak om een *return on investment* te garanderen. Om het model van de circulaire economie operationeel te maken, zou er een nieuwe waardeketen ontwikkeld moeten worden die actoren omvat die ontwerpen met het oog op een ontmanteling, bedrijven die de gebouwen ontmantelen, bedrijven die de inzamel- en opslagplaatsen voor de materialen beheren en bedrijven die een markt creëren voor het hergebruik ervan ...

De **sociale factoren** hebben betrekking op het grote potentieel voor het scheppen van lokale banen (vaak voor laaggeschoolden), maar ook op de sociaal-economische stimulering van kmo's en ondernemingen met een sociaal doel of nog, op de economische groei van landelijke gebieden.

Hoewel de **technische en technologische factoren** niet de meest beperkende zijn voor de ontwikkeling van de circulaire economie, zijn bepaalde technologieën nog niet helemaal rijp en moet er nog werk gemaakt worden van hun verdere ontwikkeling.

De **milieufactoren** zijn misschien het belangrijkste voor de stimulering van de circulaire economie. De grootste uitdaging ligt echter in het feit dat de milieukosten vooralsnog niet in aanmerking genomen worden in de kostprijs van de materialen en producten, zodanig dat de economische optimalisatie van het ontwerp van gebouwen in het gedrang komt.

Ten slotte kan ook het **wettelijke kader** een belemmering vormen voor de ontwikkeling van de circulaire economie: intellectuele-eigendomsrechten, productaansprakelijkheid, regelgeving inzake de garantie van producten (onder meer het uitvoeren van de proeven en



de normalisatie), de vergunningen voor de behandeling en het vervoer van afval, de stedenbouwkundige vergunningen voor flexibele wooneenheden, de boekhoudkundige afschrijvingsregels en de verdeling van de inkomsten van gedeelde platformen op nationaal of internationaal niveau ... Al deze barrières moeten overwonnen worden indien men nieuwe activiteiten in een circulaire economie wil creëren.

Dit document toont, door middel van de verschillende voorgestelde uitdagingen, aan dat de overgang van een lineair economisch model naar een circulair economisch model in de bouw nog een aantal technische, technologische, maatschappelijke en economische ontwikkelingen vereist.

Door de beschrijving en de illustratie van de grondbeginselen van circulair bouwen blijkt echter ook dat dit concept reeds effectief toegepast wordt in onze sector en dat het tal van mogelijkheden biedt voor het creëren van business modellen en bouwmethoden die de overgang naar een duurzame bebouwde omgeving bevorderen.

De talrijke voorbeelden tonen aan dat bepaalde visionaire ontwerpers, aannemers en producenten reeds ingezet hebben op de reële mogelijkheden van de circulaire economie en moeite gedaan hebben om de barrières en de weerstand tegen verandering te overwinnen teneinde zich te kunnen onderscheiden op de markt en zodoende te floreren in de nieuwe economie van de bouw.



# 7. Bibliografische verwijzingen

## Publicaties

1. ABM-AMRO, *Circulair bouwen: het fundament onder een vernieuwde sector*.
2. Abood D., Cooper A., Horn E., Fillit, M., Reyes O. & Goode Ja, *Sustainable Energy for All: Opportunities for the Construction Industry*, 2012.
3. Anquetil F. et al., *Matière grise: Matériaux, réemploi, architecture*. Pavillon de l'Arsenal. 2014.
4. ARUP & BAM, *Circular Business Models for the built environment* (zonder datum), [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/ce100/CE100-CoPro-BE\\_Business-Models-Interactive.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/ce100/CE100-CoPro-BE_Business-Models-Interactive.pdf)
5. Azcarate-Aguerre J. F., *Façades as a Product-Service System: The potential of new business-to-client relations in the facade industry*, 2014, <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:0aca38e7-81ae-4ca7-9b1f-ffc0f2e33fc?collection=education>
6. Bachus K., Van Dyck L. & Van Eynde S., *Quickscan jobpotentieel van de circulaire economie*. Mechelen, studie uitgevoerd door de KULeuven voor rekening van OVAM, 120 p., 2016, <https://www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/quickscan-jobpotentieel-van-de-circulaire-economie>
7. Baum A.M., McElhinney A., *The causes and effects of depreciation in office buildings: a ten year update*, 1996, <http://www.reading.ac.uk/LM/LM/fulltxt/0700.pdf>
8. BE Circular BE Brussels, *Bijdrage van Leefmilieu Brussel voor een circulaire economie in de bouw*.
9. Berthier S., *WikiHouse, La troisième révolution industrielle à l'époque du réel*. Parijs, Éditions Association Criticat, Criticat 18, pp. 65-87, herfst 2016.
10. Bocken N.M.P., Short S.W., Rana P. & Evans S., *A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes*, Journal of Cleaner Production, 65, 42-56, 2014.
11. Brand S., *How buildings Learn. What Happens After They're Built*. New York, VIKING, 1994.
12. Leefmilieu Brussel, *Afvalplan – Plan voor de preventie en het beheer van afvalstoffen*. Brussel, 71 p., 2010, [http://document.leefmilieu.brussels/opac\\_css/elecfile/AfvalPlan\\_2010\\_NL.PDF](http://document.leefmilieu.brussels/opac_css/elecfile/AfvalPlan_2010_NL.PDF)
13. Leefmilieu Brussel, *Étude sur l'analyse du gisement, des flux et des pratiques de prévention et de gestion des déchets de construction et de démolition en Région de Bruxelles-Capitale*. Brussel, studie uitgevoerd door Ceraa asbl en Rotor asbl voor rekening van het BIM, publieke versie, 206 p., 2012, [http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user\\_files/stud\\_2012\\_gisementdcd.pdf](http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/stud_2012_gisementdcd.pdf)
14. Leefmilieu Brussel, *Gewestelijk programma voor circulaire economie 2016-2020 – De hulpbronnen mobiliseren en de verloren rijkdommen tot een minimum beperken: voor een vernieuwende gewestelijke economie*. Brussel, 69 p., 2016, [http://document.environnement.brussels/opac\\_css/elecfile/PROG\\_160308\\_PREC\\_DEF\\_NL](http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/PROG_160308_PREC_DEF_NL)
15. C.J. Campbell, The Association for the Study of Peak Oil and Gas, Newsletter n° 41, May 2004, <https://www.peakoil.net/Newsletter/NL41/newsletter41.pdf>
16. Chebli Z., *Demontagevermogen en Demontagebehoefte: De relevantie van demontage voor gebouwen binnen de circulaire economie*. Delft University of Technology, Delft, 2016, <http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:076a71c4-d2ec-4a9d-bbc1-0cdf0dea05e2/datastream/OBJ/download>.
17. Cheshire D., *Building Revolutions: Applying the circular economy to the built environment*. RIBA Publishing, 2016.
18. Chertow M. R., *Industrial symbiosis: literature and taxonomy*. Annual review of energy and the environment, 25(1), 313-337, 2000.
19. Clinton L., Whisnant R., *Model behavior – 20 Business Model Innovations for Sustainability*, SustainAbility, 2014, <http://sustainability.com/our-work/reports/model-behavior/>



20. Construction, *On a creusé pour vous ... le LEAN ou la systématisation de l'efficacité*. Brussel, Construction, oktober 2016, pp. 17-27.
21. Cooper R., Timmer V. et al., *Local governments and the sharing economy*. One Earth, LocalGovSharingEcon, 216 p., 2015, [http://www.localgovsharingecon.com/uploads/2/1/3/3/21333498/localgovsharingecon\\_report\\_full\\_oct2015.pdf](http://www.localgovsharingecon.com/uploads/2/1/3/3/21333498/localgovsharingecon_report_full_oct2015.pdf)
22. Debacker W., Galle W., Vandenbroucke M., Wijnants L., Chung Lam W., Paduart A., Herthogs P., De Temmerman N., Trigaux D., De Troyer F. & De Weerd Y., *Veranderingsgericht bouwen: ontwikkeling van een evaluatie- en transitiekader*. Mechelen (BE), studie uitgevoerd door VITO, VUB en KULeuven voor rekening van de OVAM, 247 p., 2015, [http://www.ovam.be/sites/default/files/atoms/files/TWOL%20Dynamisch%20Bouwen\\_%20EIN DRAPPORT\\_finale%20versie\\_OVAM1\\_LR.pdf](http://www.ovam.be/sites/default/files/atoms/files/TWOL%20Dynamisch%20Bouwen_%20EIN DRAPPORT_finale%20versie_OVAM1_LR.pdf)
23. de Ridder H., *LEGOlisering van de bouw*, Maurits Groen, 2011.
24. Devlieger L., *L'architecture à l'envers*. Parijs, Éditions Association Criticat, Criticat 18, pp. 91-101, herfst 2016.
25. DIRECTIVE, EU Waste Framework, Directive 2008/98 EC of the European Parliament and of the Council of 2008, vol. 19, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>
26. EU Commission, *A lead market initiative for Europe*, COM (2007), 860, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX%3A52007DC0860>
27. EU Commission, *Roadmap to a Resource-efficient Europe*, COM (2011), 571, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52011DC0571>
28. EU Commission, *Resource efficiency opportunities in the building sector*, COM (2014), 445, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2014:0445:FIN>
29. EU Commission, *Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe*, COM (2014), 398, <http://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/1042145>
30. EU Commission, *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*, COM (2015), 614, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1453384154337&uri=CELEX:52015DC0614>
31. WWF, *Living Planet Report 2012, Biodiversity, biocapacity and better choices*, WWF International, Gland, Zwitserland, [https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/LPR\\_2012.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/LPR_2012.pdf)
32. Flamant G., Deroisy B., Delem L. en Decuyper R., *Passief en duurzaam bouwen: het modelproject Ecoffice*. Brussel, WTCB-Dossiers, 2013/04.13.
33. Gaglio G., Lauriol J. & Du Tertre C., *L'économie de la fonctionnalité: une voie nouvelle vers un développement durable?* Octares Éditions, 2011.
34. Ghyoot M., Devlieger L., Billiet L. en Warnier A., *Déconstruction et réemploi - Comment faire circuler les éléments de construction*. Lausanne, Rotor, Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR), 2018, <http://www.ppur.org/produit/872/9782889152391/Deconstruction%20et%20reemploi>
35. Guldager Jensen K. et al., *Building a Circular Future*, Danish Environmental Protection Agency, 2016.
36. Huygen J. M., *La poubelle et l'architecte. Vers le réemploi des matériaux*. Arles (Frankrijk), Actes Sud, 2008.
37. Johnson M. R. & McCarthy I. P., *Product Recovery Decisions within the Context of Extended Producer Responsibility*, Journal of Engineering and Technology Management 34, 9-2, 2014.
38. Josephson P.-E. & Saukkoriipi L., *Waste in construction projects – call for a new approach*, The Centre for Management of the Built Environment (CMB), Chalmers University of Technology, ISBN 978-91-976181-7-5, 2007, [http://www.cmb-chalmers.se/wp-content/uploads/2015/10/waste\\_construction.pdf](http://www.cmb-chalmers.se/wp-content/uploads/2015/10/waste_construction.pdf)
39. Josephson P.-E. & Saukkoriipi L., *Reducing resources waste in construction projects*. CIB W065/055 Commissions: Transformation through Construction, International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB, zonder datum, <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB17601.pdf>





40. Langdon D., *Designing out Waste: A design team guide for buildings – Less waste, sharper design*, Prepared for WRAP, 60 p., zonder datum, <http://www.modular.org/marketing/documents/DesigningoutWaste.pdf>
41. Lee B., Preston F., Kooroshy J., Bailey R. and Lahn G., *Resources Futures, A Chatham House Report*, December 2012, [https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/public/Research/Energy,%20Environment%20and%20Development/1212r\\_resourcesfutures.pdf](https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/public/Research/Energy,%20Environment%20and%20Development/1212r_resourcesfutures.pdf)
42. Le Moigne R., *L'économie circulaire: Comment la mettre en œuvre dans l'entreprise grâce à la reverse supply chain?* Dunod, 2014.
43. Lemoine T., *BIM: samenwerken is de boodschap*. Brussel, WTCB-Contact 42, 2014, <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact42&art=643>
44. Loppies W., *Bouwen aan de Circulaire Economie: 'Een betere wereld begint bij het stellen van een betere vraag'*, Delft University of Technology, Delft, 2015, <http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:ef74b3d7-2efa-47ad-bc96-f6ff2624d3ae?collection=education>
45. MacArthur E., *Towards the circular economy*, 2013, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>
46. MacArthur E., *Towards the circular economy, Economic and business rationale for an accelerated transition*, 2013, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>
47. MacArthur, McKinsey, SUN, *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*, 2015, [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_Growth-Within\\_July15.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf)
48. McDonough W. & Braungart M., *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*, MacMillan, 2010.
49. Mining U., *Urban mining: Concepts, terminology, challenges*, Waste Management, 45, 1-3, 2015.
50. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), *Policy brief – Improving recycling markets*, januari 2007.
51. Osterwalder A. en Pigneur Y., *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. Hoboken (NJ), John Wiley & Sons, 2010.
52. OVAM, *Dynamisch of veranderingsgericht bouwen*, Afval en Materialen, 2016.
53. Paduart A., De Temmerman N., Trigaux D., De Troyer F., Debacker W. & Danschutter S., *Casestudy ontwerp van gebouwen in functie van aanpasbaarheid: Mahatma Gandhiwijk Mechelen*, Studie uitgevoerd door VUB, KULeuven, VITO en WTCB voor rekening van de OVAM, 102 p., 2013, [http://www.ovam.be/sites/default/files/FILE1375792665548ovor130806GANDHI\\_Eindrapport\\_OPLEVERING.pdf](http://www.ovam.be/sites/default/files/FILE1375792665548ovor130806GANDHI_Eindrapport_OPLEVERING.pdf)
54. *Plastics Today, Track plastics packaging with tracer-loaded masterbatch*, 06/03/11.
55. Price Waterhouse Cooper, *The sharing economy*, In Consumer Intelligence Series, april 2015, <http://www.pwc.com/us/en/industry/entertainment-media/publications/consumer-intelligence-series/sharing-economy.html>
56. Réylum, GTM Bâtiment, Nantet et Arès Associations, *DEMOCLES – Les clés de la démolition durable*, Rapport d'étude, 126 p., 2016, <http://www.presse.ademe.fr/2016/09/etude-democles-recyclage-des-dechets-du-second-oeuvre-du-batiment.html>; <http://www.reylum.com/democles/democles.html>
57. Romnée A. en Vrijders J., *De circulaire economie: veel meer dan recycleren*. Brussel, WTCB-Dossiers, 2017/02.02.
58. Russel P. & Moffatt S., *Assessing the Adaptability of Buildings*. Energy-Related Environmental Impact of Buildings, 31, 2001.



59. FOD Volksgezondheid, FOD Economie, *België als voortrekker van de circulaire economie*, 2014.
60. Stone D., *Cook County Demolition Debris Diversion Ordinance*, Chicago Metropolitan Agency for Planning, Energy & Natural Resources Committee, Offices of the CMAP, 4 maart 2015.
61. Temmerman L., *De keuze van bouwtechnieken en -materialen vanuit milieuoogpunt*. Opleiding Duurzaam Gebouw: Duurzamer werfbeheer, Leefmilieu Brussel, 2015, [http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user\\_files/pres\\_20150303\\_werf\\_1\\_4tech\\_nl.pdf](http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_20150303_werf_1_4tech_nl.pdf)
62. Tsolis N., *Enhancing circularity in the building industry*, 2017, <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:a60a3b58-dfc4-4e64-92b9-27a368136dcf?collection=education>
63. van Renswoude K., ten Wolde A. & Joustra D.-J., *Circular Business Models – Part 1: An introduction to IMSA’s circular business model scan*. Amsterdam, IMSA, 18 p., april 2015, [https://groenomstilling.erhvervsstyrelsen.dk/sites/default/files/media/imsa\\_circular\\_business\\_models\\_-\\_april\\_2015\\_-\\_part\\_1.pdf](https://groenomstilling.erhvervsstyrelsen.dk/sites/default/files/media/imsa_circular_business_models_-_april_2015_-_part_1.pdf)
64. World Economic Forum, *Shaping the Future of Construction – A Breakthrough*, Mindset and Technology, 64 p., 2016, [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Shaping\\_the\\_Future\\_of\\_Construction\\_full\\_report\\_.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf)
65. Woskow D., *Unlocking the sharing economy: An independent review*, 43 p., 2014, [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/378291/bis-14-1227-unlocking-the-sharing-economy-an-independent-review.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/378291/bis-14-1227-unlocking-the-sharing-economy-an-independent-review.pdf)
66. Zakar S., *Wastage Rate Report*, Prepared for Construction Resources and Waste Platform, Approved by BRE, 40 p., 2008, <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Wastageratesreport.pdf>

## Web

67. AGORIA online, *Naar een circulaire economie: het onaangeboorde potentieel van remanufacturing*, Agoria Corporat news, 05/10/2016, <http://online.agoria.be/AO.WSC/rep/prg/AppContent?SessionLID=2&vUserID=999999&enewsID=111810>, geconsulteerd op 07/10/2016.
68. Albarede A., *Alléger la ville: des stratégies de lieux partagés*, Internetactu.net, 2013, <http://www.internetactu.net/2013/10/11/alleger-la-ville-des-strategies-de-lieux-partages/>, geconsulteerd op 09/11/2016.
69. Arup, [http://www.arup.com/news/2015\\_05\\_may/11\\_may\\_3d\\_makeover\\_for\\_hyper-efficient\\_metalwork](http://www.arup.com/news/2015_05_may/11_may_3d_makeover_for_hyper-efficient_metalwork)
70. Botsman R., *Defining The Sharing Economy: What is collaborative consumption – and what isn’t?* FastCoExist, 2015, <https://www.fastcoexist.com/3046119/defining-the-sharing-economy-what-is-collaborative-consumption-and-what-isnt/5>, geconsulteerd op 03/11/2016.
71. Circular Economy practitioner guide, *Strategies and examples*, <http://ceguide.org/Strategies-and-examples>, geconsulteerd op 22/01/2018.
72. Circular Flanders, *BMIX – The business model innovation grid*. <http://www.vlaanderen-circulair.be/bmix/#at09>, geconsulteerd op 22/01/2018.
73. Circulator, *The circular business models mixer*, <http://www.circulator.eu/>, geconsulteerd op 22/01/2018.
74. Démoclès, <http://www.recylum.com/democles/accueil.html>
75. De Wijk van Morgen, *Modulair gebouwd, toch gesloopt*, Clustervorming, 2016, [http://www.dewijkvanmorgen.be/eigen-keuze/1/de-wijk-van-morgen?utm\\_source=mailing&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=BA+04%2F10%2F2016#mes\\_sage=967](http://www.dewijkvanmorgen.be/eigen-keuze/1/de-wijk-van-morgen?utm_source=mailing&utm_medium=email&utm_campaign=BA+04%2F10%2F2016#mes_sage=967), geconsulteerd op 05/10/2016.
76. De Wijk van Morgen, *Onderzoek naar businessmodellen voor circulaire gevel*, Clustervorming, 2016, <http://www.dewijkvanmorgen.be/eigen-keuze/1/de-wijk-van->



[morgen?utm\\_source=mailing&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=BA+04%2F10%2F2016#mes\\_sage=964](#), geconsulteerd op 05/10/2016.

77. Économie Circulaire.org., 2016, <http://www.economiecirculaire.org/>, geconsulteerd op 12/10/2016.
78. Ellen Mc Arthur Foundation, *A vision for the built environment*, Educational Resources: Circular Economy general resources map, <https://kumu.io/ellenmacarthurfoundation/educational-resources#circular-economy-general-resources-map/a-vision-for-the-built-environment>, geconsulteerd op 23/09/2016.
79. Ellen Mc Arthur Foundation, *The circular design guide*, <https://www.circulardesignguide.com/>, geconsulteerd op 22/01/2018.
80. EU Commission, 2018 Circular Economy Package, [http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm)
81. Implementation Centre for Circular Economy (ICCE), 2016, <http://becircular.eu/>, geconsulteerd op 23/09/2016.
82. Institut de l'Économie circulaire, 2016, <http://www.institut-economie-circulaire.fr/>, geconsulteerd op 23/09/2016.
83. MINEA, *Mining the European anthroposphere*, 2016, <http://www.minea-network.eu/event.php?id=1>, geconsulteerd op 12/12/2016.
84. Onghena S., *Casa poubelle*, 2016, <http://www.casapoubelle.be/default.asp?l=fr&group=home>, geconsulteerd op 07/10/2016.
85. Portakabin, <http://www.portakabin.be/>
86. Onderzoeksproject BBSM, *Het Brussels gebouwenpark : bron van nieuwe materialen*, <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=projects&proj=96>
87. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de voedselketen en Leefmilieu, *Databank voor milieuproductverklaringen (EPD)*, 2016, <https://www.health.belgium.be/nl/databank-voor-milieuproductverklaringen-epd>, geconsulteerd op 11/01/2018.
88. Skilpod, <http://skilpod.com/>
89. Symbiose, <http://www.smartsymbiose.be/>
90. The Guardian, *Three ways we will build the cities of the future from waste*, 2016, <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2015/jun/19/three-ways-we-will-build-the-cities-of-the-future-from-waste>, geconsulteerd op 12/12/2016.
91. TSI, <http://www.tsi.com/plastics-analyzer/>
92. Turntoo, *Onze visie*, 2018, <http://turntoo.com/>, geconsulteerd op 11/01/2018.
93. Willem P., *Modulariteit en flexibiliteit van het gebouw, Wanneer en hoe ze in het gebouw integreren?* Opleiding Duurzame Gebouwen: Bouwwerven in circulaire economie, herfst 2017, Bruxelles Environnement, <https://environnement.brussels/sites/default/files/pres-171128-circ-2-2-modul-nl.pdf>
94. World Economic Forum, *Can the circular economy transform the world's number one consumer of raw materials?*, 2016, <https://www.weforum.org/agenda/2016/05/can-the-circular-economy-transform-the-world-s-number-one-consumer-of-raw-materials/>, geconsulteerd op 18/01/2018.
95. Youtube, *Smart-Price Houses - „Grundbau und Siedler“*, Jörg Leiser, Affordable Housing Bel, 2013, <https://www.youtube.com/watch?v=R-W-3nvftVA>, geconsulteerd op 15/11/2016.
96. ZenRobotics, leverancier van gerobotiseerde afvalsorteertechnologieën, [www.zenrobotics.com](http://www.zenrobotics.com)

### In dit document voorgestelde voorbeelden

97. Alliander HQ, <http://www.rau.eu/portfolio/liander/>
98. Architectenweb, [http://www.architectenweb.nl/aweb/redactie/redactie\\_detail.asp?iNID=39654](http://www.architectenweb.nl/aweb/redactie/redactie_detail.asp?iNID=39654)
99. Architectuur Maken, <http://architectuurmaken.nl/english/>, Stonecycling, <http://www.stonecycling.com/projects-2/2016/8/25/building-from-waste-house-in-rotterdam>



- en The Guardian, [https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/may/21/rotterdam-couple-house-made-from-waste-stonecycling-bricks-netherlands?CMP=tw\\_t\\_gu](https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/may/21/rotterdam-couple-house-made-from-waste-stonecycling-bricks-netherlands?CMP=tw_t_gu)
100. Armstrong, <https://www.armstrongceilings.com/commercial/fr-be/performance/sustainable-building-design.html>
  101. Art & Build Architect, Van Volxem, <http://www.artbuild.eu/projects/environment/van-volxem-development-mixed-use-project>
  102. Arteum Architects, <http://a-plus.be/projects/duurzaam-kantoor-stationsstraat/#.W0hVaNIzaUk>
  103. Atelier d'architecture Alain Richard, Schoolgebouw in Eigenbrakel, [http://www.a-ar.be/projet.asp?projet\\_id=45](http://www.a-ar.be/projet.asp?projet_id=45)
  104. Atelier d'architecture Alain Richard, Maison des Associations te Esneux, [http://www.a-ar.be/projet.asp?projet\\_id=20](http://www.a-ar.be/projet.asp?projet_id=20)
  105. Atelier d'architecture Alain Richard, Pépinière d'entreprises, [http://www.a-ar.be/projet.asp?projet\\_id=23](http://www.a-ar.be/projet.asp?projet_id=23)
  106. BedZed, [http://www.bioregional.com/wp-content/uploads/2014/11/BedZED\\_toolkit\\_part\\_1.pdf](http://www.bioregional.com/wp-content/uploads/2014/11/BedZED_toolkit_part_1.pdf)
  107. BeL, [http://www.bel.cx/cx\\_Projekte/072\\_cx\\_IBA/072\\_GuS\\_BeL.pdf](http://www.bel.cx/cx_Projekte/072_cx_IBA/072_GuS_BeL.pdf)
  108. Bioregional, <http://www.bioregional.com/bedzed/> en [http://www.bioregional.com/wp-content/uploads/2014/11/BedZED\\_toolkit\\_part\\_1.pdf](http://www.bioregional.com/wp-content/uploads/2014/11/BedZED_toolkit_part_1.pdf)
  109. Bouwwereld, *Stadhuis Brummen wint duurzaamheidsaward*, 2013, <https://www.bouwwereld.nl/nieuws/stadhuis-brummen-wint-duurzaamheidsaward/>, geconsulteerd op 12/07/2018.
  110. Bureau d'engineering et d'architecture industrielle, Loodtoren, <http://beai.be/portfolio/tour-plombs/>
  111. Cable Stud, <http://www.gyproc.nl/gipsplaten/benodigdheden/profielen/cable-stud-systeem>
  112. Chap-Yt, <http://chapyt.be/index.php/fr/home-3/>
  113. Hoogovencement, <https://www.lafarge.fr/fabrication-du-ciment>
  114. ClickBrick®, Daas Baksteen, <http://www.daasbaksteen.nl/>
  115. Corium, <https://wienerberger.co.uk/about-us/what-is-corium>
  116. Creative Commons, <https://creativecommons.org/>
  117. WTCB, <http://www.bimportal.be/nl/>
  118. WTCB, Recyhouse, <https://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?lang=nl&dtype=publ&doc=Recyhouse%20NL.pdf>
  119. Derbigum, <https://derbigum.be/fr/recyclage/>
  120. Desso, <http://www.desso.fr/c2c-corporate-responsibility/bilan-cradle-to-cradle/>
  121. Ditto, [https://www.facebook.com/permalink.php?story\\_fbid=611753072336673&id=379719548873361](https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=611753072336673&id=379719548873361)
  122. Dusseldorp, [https://dusseldorp.nu/media/CO2\\_Prestatieladder/Ketenanalyse\\_Sloop.pdf](https://dusseldorp.nu/media/CO2_Prestatieladder/Ketenanalyse_Sloop.pdf)
  123. Sociale economie op de bouwplaats, <http://www.levanto.be/>
  124. EEN TIL EEN, The Biological House, <http://eentileen.dk/forside>
  125. F87 (Efficiency House Plus), <http://www.wernersobek.de/en/projects/material/glass/f87/>
  126. Harvestmap Glasgow, <https://urbanrestart.wordpress.com/2014/12/07/harvest-map-glasgow-commons/comment-page-1/>
  127. Harvestmap Rotterdam, <http://www.oogstkaart.nl/>
  128. Harvestmap Utrecht, <http://www.365dagenkunst.nl/2012/4855/>
  129. JustPark, <https://www.justpark.com/about/> en [http://www.turas-cities.org/uploads/biblio/document/file/294/WP6\\_MS36\\_Product\\_Service\\_System\\_List\\_of\\_inspiring\\_examples.pdf](http://www.turas-cities.org/uploads/biblio/document/file/294/WP6_MS36_Product_Service_System_List_of_inspiring_examples.pdf) (zoeken op Parkatmyhouse)
  130. Knauf – fosfogips, <http://www.omicron-media.be/fr/nouvelles/paint-stuc-covering-news/item/911-knauf-une-production-locale-et-durable>
  131. LuxReview, Nus, <http://luxreview.com/article/2013/12/nus-pioneers-pay-as-you-go-light-scheme>
  132. LuxReview, Schiphol, <http://luxreview.com/article/2015/04/pay-as-you-go-lighting-arrives-at-amsterdam-s-schiphol-airport>



133. Winkel als product-dienststoplossing, <http://www.mipvlaanderen.be/file.aspx?mode=download&id=1824>
134. Magasin Moor & Moor, <https://www.facebook.com/moormoorfood/>
135. McDonough + Partners, ICEhouse, <http://www.mcdonoughpartners.com/projects/icehouse/>
136. McDonough + Partners, Technical Nutrient Pavilion, <http://mcdonoughpartners.com/projects/technical-nutrient-pavilion/>
137. Métisse, <http://www.isolantmetisse.com/>
138. Netherlands Circular Hotspot, <https://www.netherlandsircularhotspot.nl/home.html>
139. Newlife Paints, <http://www.newlifepaints.com/>
140. NOORD4US, <http://buiksloterham.nl/project/1302/noord4us>
141. One Stop Shop, [www.one-stop-shop.org](http://www.one-stop-shop.org)
142. One Stop Shop, <http://www.one-stop-shop.org/sites/default/files/Guidelines-How-to-develop-a-business-model.pdf>
143. OpenStructures, <http://www.openstructures.net/>
144. OVAM, [http://www.ovam.be/sites/default/files/atoms/files/TWOL%20Dynamisch%20Bouwen\\_%20EIN DRAPPORT\\_finale%20versie\\_OVAM1\\_LR.pdf](http://www.ovam.be/sites/default/files/atoms/files/TWOL%20Dynamisch%20Bouwen_%20EIN DRAPPORT_finale%20versie_OVAM1_LR.pdf)
145. Pay per Lux, <http://www.lighting.philips.be/fr/systemes/circular-lighting.html>
146. PEIKKO, <http://www.peikko.com/products/product/tenloc-panel-connector/>
147. PlatoWood, <http://www.platowood.nl/>
148. Prefabricage, [http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user\\_files/pres\\_20150303\\_werf\\_1\\_4teckh\\_nl.pdf](http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_20150303_werf_1_4teckh_nl.pdf)
149. RAU, <http://www.rau.eu/portfolio/gemeentehuis-brummen/>
150. Reborn Paints (Paint it Back), <http://www.rebornpaints.co.uk/>
151. SEED Architects, <http://seedarchitects.nl/nl/projects/icoon-martini-ziekenhuis/>
152. Seps Matériaux, <http://seps.be/seps-fr/album-seps-click-brick.php>
153. SILOX, [www.silox.com](http://www.silox.com)
154. Smart Price House, [http://www.bel.cx/cx\\_Projektseiten/projects.html](http://www.bel.cx/cx_Projektseiten/projects.html)
155. StoneCycling, <http://www.stonecycling.com/> en <http://www.stonecycling.com/udcl1kc6fcg9tlfh3ly7ssxc1ocosu>
156. Superuse Studios, Villa Welpeloo, <http://superuse-studios.com/index.php/2009/10/villa-welpeloo/>
157. Sy-Bo, <http://www.sy-bo.be/pijlers>
158. Tarkett, <http://www.tarkett.com/en/content/planet>
159. Tivoli Green City, <http://www.bamcontractors.be/fr/projects/laken-tivoli/>
160. Tivoli Green City, <http://www.tivoligreencity.be/>
161. TU Delft, Gevels als een product-dienststoplossing, <https://www.tudelft.nl/bk/studeren/studentenwerk/building-technology/juan-f-azcarate-aguerre/>
162. WikiHouse, <https://www.wikihouse.cc/> en <https://www.youtube.com/watch?v=Mlt6kaNjoel>





Verantwoordelijke uitgever: Jan Venstermans  
WTCB, Lombardstraat 42  
1000 Brussel

## Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Het WTCB vormt al meer dan 55 jaar hét wetenschappelijke en technische middelpunt van de bouwsector. Het Centrum wordt hoofdzakelijk gefinancierd met de bijdragen van 85.000 aangesloten Belgische bouwbedrijven. Dankzij deze heterogene ledengroep zijn bijna alle bouwberoepen vertegenwoordigd en kan het WTCB bijdragen tot de kwaliteits- en productverbetering.

### Onderzoek en innovatie

Een industrietak zonder innovatie is als cement zonder water. Het WTCB heeft er daarom voor gekozen om zijn onderzoeksactiviteiten zo nauw mogelijk te laten aansluiten bij de noden van de sector. De Technische Comit es die de WTCB-onderzoeken sturen, zijn samengesteld uit bouwprofessionelen (aannemers en experts) die dagelijks op het terrein staan.

Met de hulp van verschillende offici le instanties stimuleert het WTCB bedrijven om steeds verder te innoveren. De begeleiding die we aanbieden, is afgestemd op de actuele maatschappelijke uitdagingen en van toepassing op diverse domeinen.

### Ontwikkeling, normalisatie, certificering en goedkeuring

Op vraag van overheden of priv bedrijven werkt het WTCB ook mee aan diverse ontwikkelingsprojecten (contractresearch). Zo is het Centrum niet alleen nauw betrokken bij de activiteiten van de nationale (NBN), Europese (CEN) en internationale (ISO) normalisatieinstellingen, maar ook bij instanties zoals de Belgische unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUTgb). Al deze projecten geven ons meer inzicht in de bouwsector, waardoor we sneller kunnen inspelen op de noden van de verschillende bouwberoepen.

### Informatieverspreiding en steun aan bedrijven

Om de kennis en ervaring die op deze manier vergaard wordt op een effici nte manier te delen met de bedrijven uit de sector, kiest het Centrum resoluut de weg van de informatie. Onze website is zo opgesteld dat elke bouwprofessioneel met slechts enkele muisklikken de gewenste WTCB-publicatiereeksen of bouwnormen terugvindt.

Goede informatieverspreiding kan echter niet enkel elektronisch. Een persoonlijk contact is vaak nog steeds de beste aanpak. Jaarlijks organiseert het Centrum ongeveer 650 informatiesessies en themadagen voor bouwprofessionelen. Ook de aanvragen voor onze afdeling Technisch Advies blijven binnenstromen, met meer dan 18.000 verstrekte adviezen per jaar.

### MAATSCHAPPELIJKE ZETEL

Lombardstraat 42, B-1000 Brussel  
Tel. 02/502 66 90  
Fax 02/502 81 80  
E-mail: [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)  
Website: [www.wtcb.be](http://www.wtcb.be)

### KANTOREN

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe  
Tel. 02/716 42 11  
Fax 02/725 32 12

- Technisch advies – Publicaties
- Beheer – Kwaliteit – Informatietechnieken
- Ontwikkeling – Valorisatie
- Technische goedkeuringen – Normalisatie

### PROEFSTATION

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette  
Tel. 02/655 77 11  
Fax 02/653 07 29

- Onderzoek en innovatie
- Vorming
- Bibliotheek

### DEMONSTRATIE- EN INFORMATIECENTRUM

Marktplein 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder  
Tel. 011/79 95 11  
Fax 02/725 32 12

- ICT-kenniscentrum voor bouwprofessionelen (ViBo)
- Digitaal documentatie- en informatiecentrum voor de bouw- en betonsector (Betonica)

### BRUSSELS MEETING CENTRE

Poincar laan 79, B-1060 Brussel  
Tel. 02/529 81 29

### BRUSSELS GREENBIZZ

Diedonn  Lef vrestraat 17, B-1020 Brussel  
Tel. 02/233 81 00