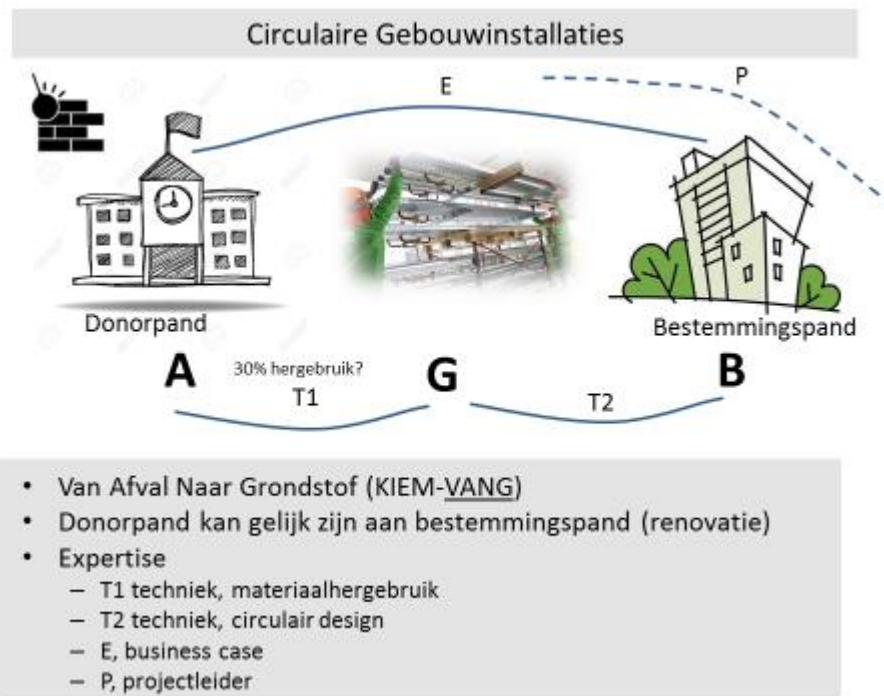


# Onderzoeksrapportage Circulaire Gebouwinstallaties 2016-2017

KIEM-VANG project kenmerk PROVA-CE 01.007



Auteur : Kitty Vreeswijk  
Datum : 21 maart 2017  
Versie : 1.0  
Onderzoekspartners : Ruben Vrijhoef (HU), Erlijn Eweg (HU), Raymond Stijkel (BAM), Arnold Homan (Inbo), Bas Slager (Repurpose)



## Contents

Aanleiding en context .....	5
Beoogde projectresultaten .....	5
Methode van onderzoek.....	6
Onderzoeksvragen .....	6
Project aanpak en milestones.....	8
Stakeholders, betrokkenheid en belangen .....	10
Theoretisch kader .....	11
Circulaire Economie .....	11
Circulaire Economie in de bouw .....	12
Circulaire gebouwen .....	14
Circular design.....	15
Product en materiaal hergebruik.....	15
Outcomes.....	18
Deel I    Define .....	18
Klimaatssystemen als gebouwinstallaties .....	18
Traditionele, lineaire ketensamenwerking klimaatssystemen.....	19
Nieuwbouw versus renovatie .....	19
Deel II    Uitvoering.....	20
Eerste onderzoek - Haalbaarheid hergebruik radiatoren niet eenvoudig aan te tonen .....	20
Tweede onderzoek - Hergebruik leidingen niet haalbaar.....	22
Andere voorbeelden materiaal en product hergebruik klimaatinstallaties .....	24
Deel III    Eindresultaten en conclusies .....	24
Kennis – proces, technisch en economisch.....	24
Kennis - ketensamenwerking en verdienmodel .....	25
Kennis - rol van de opdrachtgever .....	27
Instrumenten - checklist Circulaire Gebouwinstallaties .....	27
Kennisdeling – bijeenkomsten .....	29
Bronnen.....	31

## Bijlage (apart document)

1.	Deelvragen.....
2.	Quest factsheet circulaire gebouwinstallaties.....
3.	Projectactiviteiten en milestones.....
4.	Circle Economy Circle scan Klimaatssystemen.....
5.	Scan studenten herbruikbare installaties.....
6.	Casus hergebruik radiatoren.....
7.	Scan studenten herbruikbare installaties Sharing Tower.....
8.	Casus hergebruik leidingen.....
9.	Voorbeelden materialen en product hergebruik - klimaatinstallaties.....
	HR Recycling.....
	Van CV-ketel naar CE-ketel, Marcel de Graaf.....
	De Oskam Groep vier sterren BREEAM-NL certificaat sloop OBS De Buurtschool.....
	Van Baal Bouwmaterialen, handel gebruikte radiatoren.....
10.	Design for Disassembly.....
	Methodologie.....
	Standaardisatie.....
	Demontage.....
	Monomaterialen.....
	Multifunctionaliteit.....
	Ketensamenwerking.....
	Enablers van DFD.....
11.	Circulair college 2016-2017.....
12.	Seminar bijeenkomst Sloop en demontage.....

## Aanleiding en context

In september 2015 heeft Hogeschool Utrecht een project aanvraag ingediend bij NRPO SIA, genaamd Circulaire gebouw installaties, samen met de partners BAM, Inbo en Repurpose. De insteek van het onderzoek was dat de gebouwinstallaties van het onderwijsgebouw aan de Padualaan 99 en 101 onderzocht werden op de mogelijkheid voor circulair hergebruik, met de partner bij de grootschalige renovatie van deze twee HU gebouwen. Op 23 februari ontvingen we de toekenning van NRPO SIA.

Het oorspronkelijke project was gepland om eind oktober, begin november 2015 te starten. Door de toekenning later dan wij verwacht hadden, moesten we echter opnieuw met de projectpartners in overleg. In het project was uitgegaan van een bepaald onderzoeksobject, een gebouw. Het in het projectvoorstel omschreven onderzoeksobject was inmiddels al gestript en gesloopt (januari 2016).

Daardoor is er in onderling overleg, besloten tot de volgende inhoudelijke projectwijzigingen:

- 1) De keuze voor een ander onderzoeksobject.
- 2) Het uitgangspunt wordt omgebogen naar de toepassing van multifunctionele bouwdelen, waarin de installaties al verwerkt zijn.

De in het oorspronkelijke projectplan genoemde resultaten (zie paragraaf 5 aanvraag) blijven in hoofdlijnen ongewijzigd, maar de resultaten op detailniveau worden iets anders ingevuld en uitgewerkt.

De aanloop van dit project laat direct één van de kritische succes factoren zien bij een circulaire economie in de praktijk. En dat is de afstemming van vraag en aanbod van bouwmaterialen en producten binnen de keten. Als we materialen uit sloop en renovatiepanden elders willen hergebruiken en de timing van sloop of bouw wordt vertraagd, hapert het proces. Bij dit KIEM-VANG project ging het precies andersom: de sloop/renovatie van het beoogde onderzoekspand was al gebeurd op het moment dat de aanvraag werd goedgekeurd.

## Beoogde projectresultaten<sup>1</sup>

- Analyse van:
  - het hergebruik van oude installaties/ materialen
  - rol van de opdrachtgever<sup>2</sup> (financiële, technische en management aspecten)
- Groslist welke installaties/delen het meest interessant zijn en criteria.
- Checklist/Inspectie formulier waardering installaties op functie en materiaal
- Ontwerp model/aanpak voor ketensamenwerking (ontwerpende & bouwende partijen) en logistiek
- Kennisdeling & bijeenkomsten

---

<sup>1</sup> Bron : KIEM-VANG aanvraag

<sup>2</sup> In deze context is de opdrachtgever dus de klant van BAM

## Methode van onderzoek

### Onderzoeksvragen

De onderzoeksvraag voor dit project is:

***Welke gebouwinstallaties, of onderdelen daarvan, zijn technisch geschikt of geschikt te maken voor circulair hergebruik bij toepassing van modulaire installaties en hoe kan de business case voor opdrachtgever en aannemer inzichtelijk gemaakt worden?***

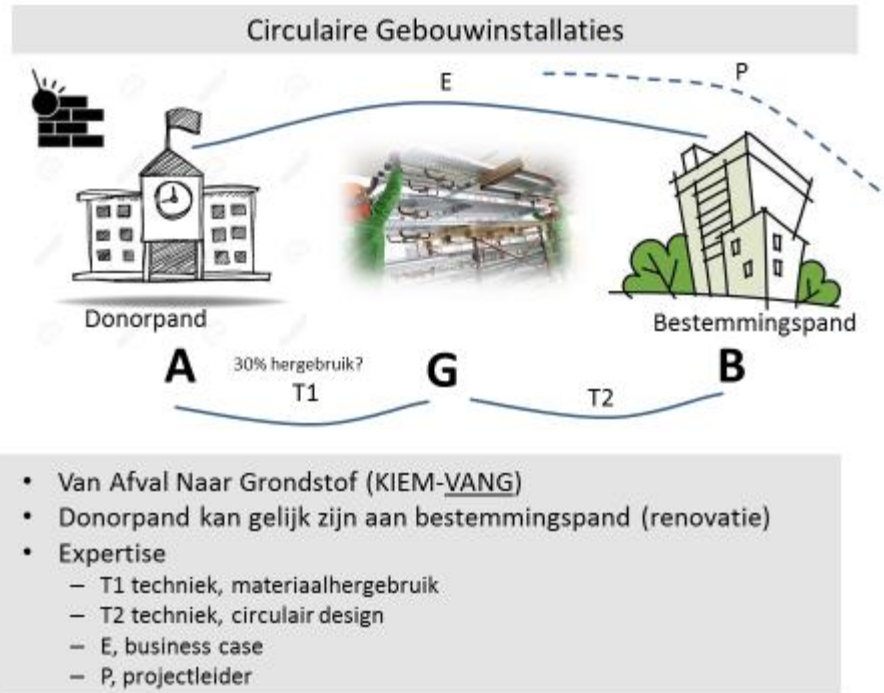
Daarbij onderscheiden we drie onderzoeksgebieden :

- I. Welke gebouwinstallaties, of onderdelen daarvan, zijn technisch geschikt of geschikt te maken voor circulair hergebruik (T1, techniek)
- II. Hoe kunnen modulaire gebouwinstallaties bijdragen (ontwerp, installatie, demontage) aan circulair hergebruik van gebouwinstallaties (T2, techniek)
- III. Hoe kan de business case voor opdrachtgever en aannemer inzichtelijk gemaakt worden? (E, economie)

Het onderzoek maakt deel uit van het programma van de onderzoeksgroep “Bouwen aan de Stad van Morgen” met Dr. ir. Ruben Vrijhoef als lector. Deze groep is onderdeel van het Kenniscentrum Gezond en Duurzaam Leven van de Hogeschool Utrecht. Het onderzoek sluit direct of indirect aan bij de vier thema’s van het lectoraat:

1. Circulair bouwen (en slopen); gericht op circulaire oplossingen voor hergebruik en recycling, terugwinning van grondstoffen uit bouw- en sloopafval
2. Gezond bouwen; met aandacht voor milieu en omgeving; logistiek, leefbaarheid
3. Slim bouwen (en slopen); data gedreven bouwen en slopen; stadsmodellering, ICT
4. Samen bouwen; bedrijven en burgers bouwen de stad van morgen; met nieuwe competenties, in productieve (keten)samenwerking

Onderstaand plaatje is in het overleg met de onderzoeksgroep van Ruben Vrijhoef en de betrokken bedrijven tot stand gekomen, om het projectvoorstel te verduidelijken.



*Figuur 1 Circulaire Gebouw Installaties - materiaal/product hergebruik en circulair ontwerp*

Daarin wordt zichtbaar:

A & B: Donorpannd A kan gelijk zijn aan bestemmingspannd B (in het geval van Renovatie)

G: het geheel aan bruikbare grondstoffen

T1: het percentage aan hergebruik vanuit bestaande materialen

T2: het design wat hergebruik bevordert

E: de businesscase die uitgewerkt wordt

In dit project wordt o.m. samengewerkt met de Modulaire Installatie fabriek van BAM in Veenendaal<sup>3</sup>

Deze Modulaire Installatie fabriek van BAM staat min of meer in het midden van het plaatje. Dit is het punt waar de herbruikbare materialen ingezet worden bij het design en bouwen van modulaire gebouwinstallaties.

Voor elk van deze gebieden (T1- materiaal hergebruik, T2-circulair ontwerp, business case) zijn deelvragen opgesteld waar de deliverables en fasering vanuit de KIEM-VANG aanvraag in verwerkt zijn, zie bijlage 1.

<sup>3</sup> BAM Modulaire fabriek zie <http://youtu.be/R4Bvw5rMcVo>

## Project aanpak en milestones

### **Fase 1: oriënterend onderzoek - 2 maanden**

Het onderzoek is van start gegaan met desk research, bronnen studies en een oriëntatie op het onderwerp. In deze fase heeft begripsafbakening plaatsgevonden en is de huidige stand van zaken vastgesteld en besproken met de deelnemende partijen. In april 2016 is gestart met een inhoudelijk overleg met de betrokken partners (oa vertegenwoordigers van BAM Bouw en Techniek, BAM Modulaire fabriek, installatie specialisten HU, Inbo, en Pieter Beurskens (PhD candidate, specialist Buildings As Material Banks (BAMB)). Hierbij kwamen onderwerpen zoals classificatie gebouwinstallaties, interessante categorieën voor hergebruik (oa leidingen) en aanpak (wel/niet noodzaak slooppand).

In de maanden mei en juni is verder gewerkt aan de detaillering van de onderzoeksopzet (oa formuleren deelvragen) en definiëren van subvragen die door studentenprojecten beantwoord kunnen worden. Zie bijlage voor de factsheet van de studentprojecten.

### **Fase 2: explorerend onderzoek – 4 maanden**

Bij het onderzoek wordt nadrukkelijk een verbinding gelegd naar andere circulaire bouw projecten in Utrecht. Zo is er eind september 2016 een Circulaire Economie in de Bouw seminar georganiseerd met diverse student groepen en stakeholders, zie uitnodiging in bijlage. Begin september 2016 zijn er 2 Quest<sup>4</sup> studenten groepen begonnen aan het project Circulaire Gebouwinstallaties. Eerder hebben we het project verdeeld in T1 (materiaalhergebruik uit sloop) en T2 (circulair design, modulaire fabriek). Voor T1 geldt dat beide groepen ieder een eigen slooplocatie hebben onderzocht.

- Groep A, slooplocatie Sharing Tower A'dam, via New Horizon, Michel Baars (bezoek geweest op 5 okt)
- Groep B, slooplocatie Winterswijk, via Buro BOOT, Kees Boot (bezoek geweest op 24 okt)

Voor T2 geldt dat de groepen samen (2x2 studenten) de modulaire fabriek hebben bezocht, via Raymond Stijkel en Kim Zeeuwe (BAM modulaire fabriek). Dit heeft plaatsgevonden op woensdag 12 oktober.

In november 2016, is contact gelegd met Pieter van Herik van MVO Nederland. Hij is vanuit het initiatief Nederland Circulair! de transitie manager voor het programma Klimaat voor verandering. De contacten en het materiaal vanuit dit initiatief zijn zeer nuttig geweest voor dit onderzoek.

### **Fase 3: Conclusies en analyse**

Een aantal inzichten, activiteiten en contacten waren van essentieel belang voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag.

Het programma Klimaat voor Verandering heeft als doel om de waardeketen van klimaatsystemen circulair te maken - in termen van materiaalstromen, geïntegreerde ketensamenwerking en daarbij

---

<sup>4</sup> Quest projecten worden bij het Instituut Engineering & Design, Hogeschool Utrecht gedaan in het 3<sup>e</sup> leerjaar. Gedurende 20 weken werken 5-6 studenten van Technische Bedrijfskunde, Werktuigbouwkunde en Elektrotechniek aan een project met een externe opdrachtgever. Elk half jaar starten er 45+ projecten voor ongeveer 250 studenten.



behorende circulaire business modellen. Binnen dit programma wordt onderscheid gemaakt tussen Design voor Disassembly (onze T2) en Hergebruik van materialen (Oldtimer, onze T1)

De werkgroep DFD (Design for Disassembly) van het programma Nederland Circulair! heeft als doel het ontwikkelen van ontwerpprincipes voor het makkelijk uit elkaar halen van een generieke klimaatinstallatie in de utiliteitsbouw.

De werkgroep Oldtimer heeft onderzoek gedaan naar hergebruik van installaties. Deze werkgroep heeft interessante overzichten en classificaties van klimaatinstallaties opgeleverd (circle scans). Daadwerkelijk hergebruik van installaties is niet gerealiseerd. Dit komt mede doordat vraag en aanbod lastig te matchen is, iets wat ook al in ons onderzoek naar voren kwam.

Circle Economy heeft vanuit Nederland Circulair! de ketens geanalyseerd door middel van Circle Scans. Met de Circle Scan worden kansen in kaart gebracht om een systeem (materiaalstromen, spelers en impacts) circulair te maken. Drie scans worden verder toegelicht :

1. Scan generiek klimaatsysteem
2. Traditionele lineaire ketensamenwerking
3. Circulaire ketensamenwerking

Deze scans zullen bij ons onderzoek gebruikt worden bij oa classificatie gebouwinstallaties – producten en materialen. Zo is de gebruikte onderverdeling tussen systeemcomponenten (opwekking, distributie en afgifte), materiaalsoort en levensduur een zinvol vertrekpunt voor het bepalen van de mogelijkheden voor hergebruik.

De kennis en contacten vanuit het programma Klimaat voor Verandering gaf ons beter inzicht in:

- Classificaties / systeemcomponenten gebouw/klimaatinstallaties
- Belangrijkste drempels / uitdagingen voor circulaire gebouwinstallaties
  - i. Afstemming vraag en aanbod
  - ii. Ketensamenwerking
  - iii. Verdienmodellen
- De ontwerpprincipes bij Design for Disassembly<sup>5</sup>

In november is er een bezoek geweest aan de modulaire fabriek. In een overleg met Kim Zeeuwe en Nico Lamerichs is oa gesproken over classificatie gebouwinstallaties, ingangseisen, mogelijk materiaal hergebruik en circulair design. Na verder onderzoek naar de hergebruik van radiatoren is er in januari nog een sloop seminar gegeven door Peter Kreukniet van Oskam. Dit gaf verder inzicht in het sloopproces en mogelijke belemmeringen voor product en materiaal hergebruik. Eind januari vonden de eindpresentaties plaats van de twee Quest groepen. Ook de gegevens uit deze studentonderzoeken zijn verwerkt in dit rapport.

Voor een overzicht van activiteiten en milestones, zie bijlage 3.

---

<sup>5</sup> Zie bijlage 10 voor een samenvatting van het rapport.

## Stakeholders, betrokkenheid en belangen

Naast de partners binnen het KIEM-VANG project zijn er diverse partijen betrokken geweest in de uitvoering van het project.

Bedrijf/ organisatie	Naam	Functie	Rol
Hogeschool Utrecht	Kitty Vreeswijk	Onderzoeker	Onderzoeker Circulaire Economie in de bouw – lectoraat Bouwen aan de Stad van Morgen Docent Technische Bedrijfskunde, business case, economische haalbaarheid, begeleider Quest project
Hogeschool Utrecht Studenten 2015-2016	1 Quest groep	Questproject	Uitvoering Quest project
Hogeschool Utrecht Studenten 2016-2017	2 Quest groepen	Questproject	Uitvoering Quest project
BAM Bouw en Techniek	Raymond Stijkel	Manager commercie en ontwikkeling	Opdrachtgever Quest teams
Sharing Tower A'dam	Via New Horizon	Slooplocatie A	Focus hergebruik leidingen
Winterswijk	Via Buro Boot	Slooplocatie B	Focus hergebruik radiatoren
Padualaan 99	Hogeschool Utrecht	Bestemmingspand	
BAM Modulair Ontwikkelen en Bouwen (Veenendaal)	Kim Zeeuwe	directeur BAM	Modulair bouwen (produceren) classificatie gebouwinstallaties, ingangseisen, mogelijk materiaal hergebruik en circulair design
BAM (Veenendaal)	Nico Lamerichs	directeur BAM	Modulair ontwikkelen (business development)
INBO	Arnold Homan	architect inbo	Adviserend
Repurpose / Buro BOOT	Bas Slager	kennisdrager	Contactpersoon slooplocatie Quest groep B Ook betrokken bij het project 'Oldtimer' van Nederland Circulair!
Buro Boot	Kees Boot	directeur	Contactpersoon slooplocatie, diversen. BOOT is Ingenieursbureau voor sloopmanagement, betrokken bij veel sloopprojecten in de provincie Utrecht. Hierbij ligt de focus op herbestemming van materialen.
New Horizon	Michel Baars	directeur	Urban mining
New Horizon	Edwin Baars	projectleider	Contactpersoon slooplocatie
Hogeschool Utrecht	Ruben Vrijhoef	Lector	Opzet onderzoek en concept materiaal hergebruik vs circular design
Hogeschool Utrecht	Erlijn Eweg	Projectleider	Aanvraag en contacten subsidiegever
Hogeschool Utrecht	Joost Jongen	Onderzoeker	Docent werktuigbouwkunde, Expertise installatietechniek, begeleider Quest project, onderzoeksvragen
Hogeschool Utrecht	Martijn Rietbergen	Onderzoeker	Onderzoeker, docent werktuigbouwkunde, Expertise installatie techniek, onderzoeksvragen
Oskam	Peter Kreukniet	Marketing en Sales manager Oskam	Sloopseminar, expert
MVO Nederland, Nederland Circulair!	Pieter van Herik	Programma manager	Klimaat voor verandering, adviserend

Bedrijf/ organisatie	Naam	Functie	Rol
Buildings As Material Banks (BAMB)	Pieter Beurskens	PhD candidate, specialist	Adviserend

BAM Bouw en Techniek richt zich op commerciële en technische ontwikkeling, voorbereiding en realisatie van utiliteitsbouwwerken in Nederland en biedt tevens uitgebreide diensten op het gebied van technische installaties (zowel voor utiliteitsbouw en industrie, als voor woningbouw en infra). BAM doet complete gebouwen en installaties van A tot Z.

BAM Modulair Ontwikkelen en Bouwen (Veenendaal) is onderdeel van BAM Bouw en Techniek. Focus hierbij is op het modulair ontwikkelen en bouwen van gebouwinstallaties. Op dit moment is dat voornamelijk het distributie deel van klimaatinstallaties (leidingen e.d in modulaire systemen). De verschuiving van maatwerk (prefab) naar modulair is met name gericht op de reductie van faalkosten

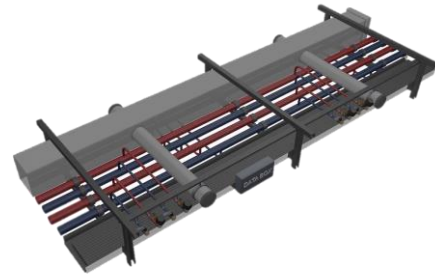


Figure 2 Modulair systeem, BAM Modulair Ontwikkelen & Bouwen

## Theoretisch kader

### Circulaire Economie<sup>6</sup>

Voor het begrip “Circulaire Economie” gaan we uit van de Ellen McArthur Foundation: *A circular economy is one that is restorative and regenerative by design, and which aims to keep products, components and materials at their highest utility and value at all times, distinguishing between technical and biological cycles.* Materiaalstromen worden in kringlopen toegepast in producten en systemen, en komen aan het eind van de levenscyclus beschikbaar om opnieuw ingezet te worden. Gebouwen fungeren als materialenbank, waarin grondstoffen gedurende de levensduur van het gebouw (of toepassing) zijn opgeslagen. Om daarna weer vrij te komen voor hernieuwd gebruik<sup>7</sup>.

De Ellen McArthur Foundation hanteert enkele centrale principes die leiden tot circulaire waarde toevoeging. Deze principes luiden als volgt:

- The power of the inner circle: de besparingen (of het winstpotentieel) is groter naarmate meer van de verborgen kosten (zoals materialen, arbeid, energie, ingezet kapitaal) behouden blijft in het product. Reparatie en onderhoud zorgen ervoor dat aanzienlijk meer waarde behouden blijft dan bij recycling van losse grondstoffen;
- The power of circling longer: de waarde toevoeging is hoger naarmate producten vaker in de cyclus terugkomen, of überhaupt langer gebruikt worden;
- The power of cascaded use: indien materiaal (i.p.v. producten) moet worden hergebruikt (als gevolg van bijvoorbeeld slijtage) kan het meerwaarde creëren om materialen niet tot het niveau van grondstoffen af te breken, maar om te zoeken naar applicatie-mogelijkheden van materialen met een zo hoog mogelijke complexiteit;

<sup>6</sup> Deels overgenomen uit *GAP4 Kansen voor West, Werkspoorkwartier: Creatief Circulair Maakgebied Projectplan*

<sup>7</sup> McKinsey & Company: *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*; 2012; in opdracht van Ellen McArthur Foundation

- Power of pure and easier to separate inputs and designs: hergebruik, reparatie en recycling profiteren alle sterk indien bij het ontwerp van producten al rekening wordt gehouden met het einde van de levensfase van deze producten, bijvoorbeeld door te zorgen voor het gebruik van niet-toxische componenten en samenstellingen die op eenvoudige wijze in hun onderdelen zijn te splitsen.

De Circulaire Economie kenmerkt zich verder door een verschuiving van eigendom naar gebruik. Producten worden niet per se “gekocht”, waarbij het eigendom naar de eindgebruiker over gaat, maar kunnen ook worden “gebruikt”, waarbij het eigendom bij de producent (of tussenpartij) blijft en er een “gebruiksdienst” wordt geleverd (pay-per-use) (voorbeeld: het eigendom van de verlichting blijft bij de leverancier, de klant betaalt voor geleverde verlichtings-uren).

De cirkel van oud naar nieuw kan op diverse manieren gesloten worden. Het rapport “Strategische Verkenning ‘Op weg naar Cirkelregio Utrecht’”<sup>8</sup> onderscheidt tien vormen (“10R-model”), waarbij de eerste vorm de meest wenselijk is, en de laatste de minst wenselijke is:

- i. Refuse: voorkomen van gebruik van grondstoffen
- ii. Reduce: verminderen van grondstoffen/eenheid
- iii. Renew: het herontwerpen van een product met circulariteit als uitgangspunt
- iv. Re-use: product hergebruik (2e hands)
- v. Repair: onderhoud en reparatie
- vi. Refurbish: product opknappen
- vii. Remanufacture: nieuw product van 2e hands
- viii. Re-purpose: producthergebruik met ander doel
- ix. Recycle: verwerking en hergebruik materialen
- x. Recover: energierterugwinning uit materialen

Ons onderzoek raakt aan een aantal van die gebieden. Refuse, reduce, re-use, repair, refurbish en remanufacture zijn allemaal varianten op het voorkomen en verminderen van grondstofgebruik door het hergebruiken van producten en materialen. Hierbij kan het zijn dat producten of materialen na sloop op een andere locatie worden hergebruikt (redistribute), al dan niet na bewerkingsprocessen (remanufacture).

### Circulaire Economie in de bouw

De Rijksoverheid wil dat de Nederlandse economie in 2050 circulair is. Om dat te bereiken is het Rijksbrede programma Circulaire Economie opgesteld. Hierin zijn alle programma’s op het gebied van het beter omgaan met grondstoffen verzameld (zoals ook **Van Afval Naar Grondstof (VANG)**). Het programma Circulaire Economie moet bijdragen aan een gezonde en veilige leefomgeving.

De Rijksoverheid heeft 5 sectoren en ketens vastgesteld die als eerste over moeten gaan naar een circulaire economie. Deze 5 prioriteiten zijn gekozen omdat ze belangrijk zijn voor de Nederlandse economie en een grote invloed op het milieu hebben. Ook wordt er nu al veel gedaan om binnen deze sectoren over te stappen naar een circulaire economie, zowel in Nederland als in Europa.

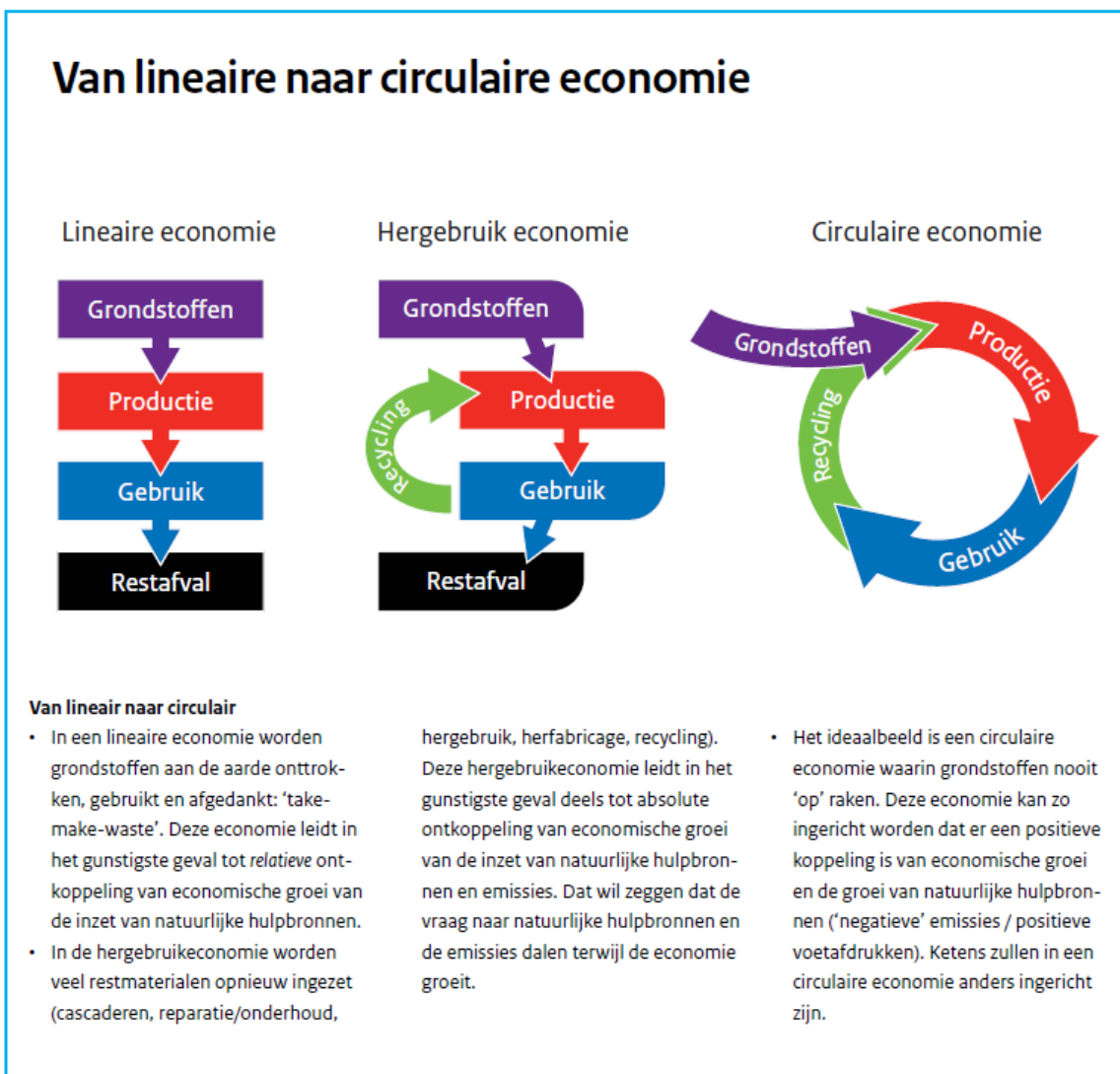
---

<sup>8</sup> Jacqueline Cramer: *Strategische Verkenning ‘Op weg naar Cirkelregio Utrecht’*; USI, december 2015; op initiatief van Gemeente Utrecht en Gemeente Amersfoort namens U10, EBU, USI, NMU en IenM

De 5 sectoren en ketens die als eerste over moeten naar een circulaire economie zijn:

- biomassa en voedsel;
- kunststoffen;
- maakindustrie;
- **bouw**;
- consumptiegoederen.

Het Rijksbrede programma circulaire economie richt zich op de ontwikkeling naar een vóór **2050** te realiseren circulaire economie. De ambitie is om in **2030** een (tussen) **doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen)**. Het onderzoek naar hergebruik van producten en materialen voor gebouwinstallaties sluit hier bij aan.

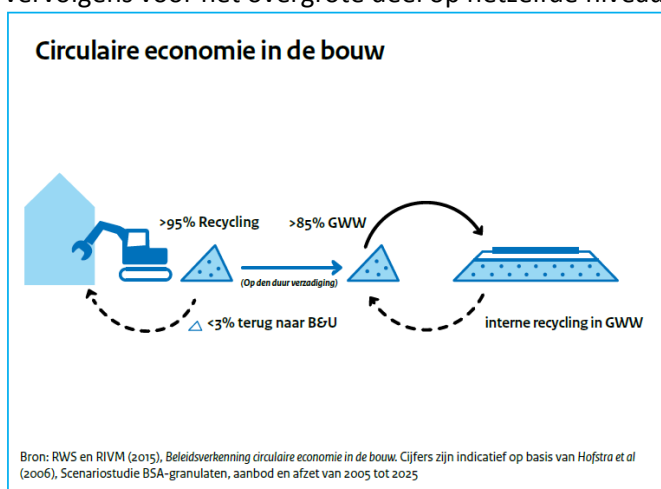


De bouwsector is grondstoffenintensief. De bouw neemt naar schatting 50% van het grondstoffenverbruik, 40% van het totale energieverbruik en 30% van het totale waterverbruik in

Nederland voor zijn rekening. Daarnaast heeft een groot deel van alle afval in Nederland (circa 40%) betrekking op bouw- en sloopafval en is de sector verantwoordelijk voor circa 35% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot<sup>9</sup>. De bouwsector laat zich onderscheiden in de Burgerlijke en Utiliteitsbouw (B&U) aan de ene kant en de Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW) aan de andere kant. Eén van de redenen waarom dit onderscheid relevant is, heeft te maken met het verschil in structuur: in de B&U is er veelal sprake van private financiering; een groot en divers speelveld met veel (grote en kleinere) stakeholders. In de GWW gaat het vaak om publiek opdrachtgeverschap en is het aantal stakeholders kleiner en meer homogeen.

### Mate van circulariteit

Het hergebruik van bouw- en sloopafval uit de B&U gebeurt al op grote schaal (>95%), al gaat het vaak niet om hergebruik op minimaal hetzelfde niveau, maar om bijvoorbeeld het verwerken van bouwpuin tot granulaat dat als funderingsmateriaal wordt gebruikt in de GWW. In de GWW wordt het materiaal vervolgens voor het overgrote deel op hetzelfde niveau hergebruikt; na één levenscyclus van een weg is



dit puin herbruikbaar in andere wegprojecten.

In de GWW zal naar verwachting in afnemende mate behoefte zijn aan dit funderingsmateriaal, doordat er in de GWW steeds meer gebruik wordt gemaakt van materiaal dat elders vrijkomt. Door deze 'verzadiging' in de GWW ontstaat een stimulans voor het ontwikkelen van meer circulaire toepassingen van bouwmaterialen in de B&U.

Ons onderzoek sluit daar bij aan. Naast de recycling die al gebruikelijk is (gescheiden inzameling metalen, schroothandelaren, omsmelten) wordt bekeken of hergebruik op minimaal hetzelfde niveau mogelijk is.

### Circulaire gebouwen

Voor het theoretisch kader van circulaire gebouwen is het framework van Beurskens en Bakx<sup>10</sup> goed bruikbaar. Het framework is gebaseerd op het model van de Ellen MacArthur Foundation..

In het door Beurskens en Bakx voorgesteld framework wordt het circulaire economie concept vertaald naar gebouwen en dan specifiek het ontwerp van gevels. In het door hen ontwikkelde 'circular building framework'. is een duidelijk onderscheid gemaakt hoe circulaire gebouwen ontworpen dienen te

<sup>9</sup> Nederland Circulair in 2050, Rijksbreed programma Circulaire Economie, september 2016  
[www.rijksoverheid.nl/circulaire-economie](http://www.rijksoverheid.nl/circulaire-economie)

<sup>10</sup> Beurskens, P. R., & Bakx M.J.M., 2015. Built-to-rebuild – The development of a framework according to the circular economy concept, which will be specified for the design of circular facades (master thesis). Retrieved from  
<http://repository.tue.nl/801836>

worden (design domain) en hoe zij moeten gaan functioneren (construction domain). De principes 'design for disassembly' en 'design for adaptability' zijn geïdentificeerd als de meest essentiële principes in het ontwerpen van een circulaire gebouw.

### Circular design

Binnen het **design domein** wordt daarbij o.a. onderscheid gemaakt tussen:

1. Design for disassembly
  - o Functionele, technische en fysieke decompositie
  - o Bijv. lifecycle afstemming, makkelijk te (de)monteren
2. Design for adaptability
  - o Wijziging van locatie, opschalen, functie etc
3. Design with sustainable materials
  - o Biologische of technologische kringloop, re-life mogelijkheden

Deze aspecten lijken ook allemaal van toepassing te zijn op (modulaire)gebouwinstallaties. En dan met name op wat wij bedoelen onder circular design (T2). Ook het Design for Disassembly (DFD) project van het programma Nederland Circulair! sluit hier bij aan.

De installaties van de Modulaire Fabriek van de BAM worden ook volgens deze gedachtegang ontworpen. Namelijk zodanig standaardiseren dat het snel en makkelijk te installeren is en ook weer te demonteren of op te schalen is in de toekomst.

### Product en materiaal hergebruik

Er zijn diverse classificaties op het gebied van afval beheer en **materiaal hergebruik**. De start is steeds: reduce, reuse en recycle.

#### LADDER VAN LANSINK - DE AFVALHIËRARCHIE



Powered by Recycling.nl

Figuur 2 Ladder van Lansink

De "Ladder van Lansink - De Afvalhiërarchie" onderscheidt drie categorieën van omgaan met afval. Preventie en hergebruik hebben de hoogste prioriteit. Vervolgens recycling en hoogwaardige energiewinning. De minste voorkeur heeft het verbranden of storten van afval.

Naast voor circular design, gebruiken Beurskens en Bakx (2015) het model van de circulaire economie volgens de Ellen MacArthur foundation ook voor het construction domain (gerelateerd aan T1, product en materiaal hergebruik). Ook hierbij is te zien dat (Re)Use de

voorkeur heeft. Daarnaast zijn er diverse Re-life mogelijkheden, ook weer in volgorde van voorkeur. Hergebruik van producten binnen hetzelfde gebouw heeft de voorkeur boven product hergebruik op andere locaties (hogere milieu impact door transport). Onderaan de ladder (grootste cirkel) staat recycle (met omsmelten wordt veel waarde vernietigd).

- Reuse of building products within the building

- Repair / service
- Reconfiguration
- Reuse of building products in other buildings
  - Redistribute
- Reuse of building products
  - Remanufacture
- Reuse of materials
  - Recycle

Construction domain

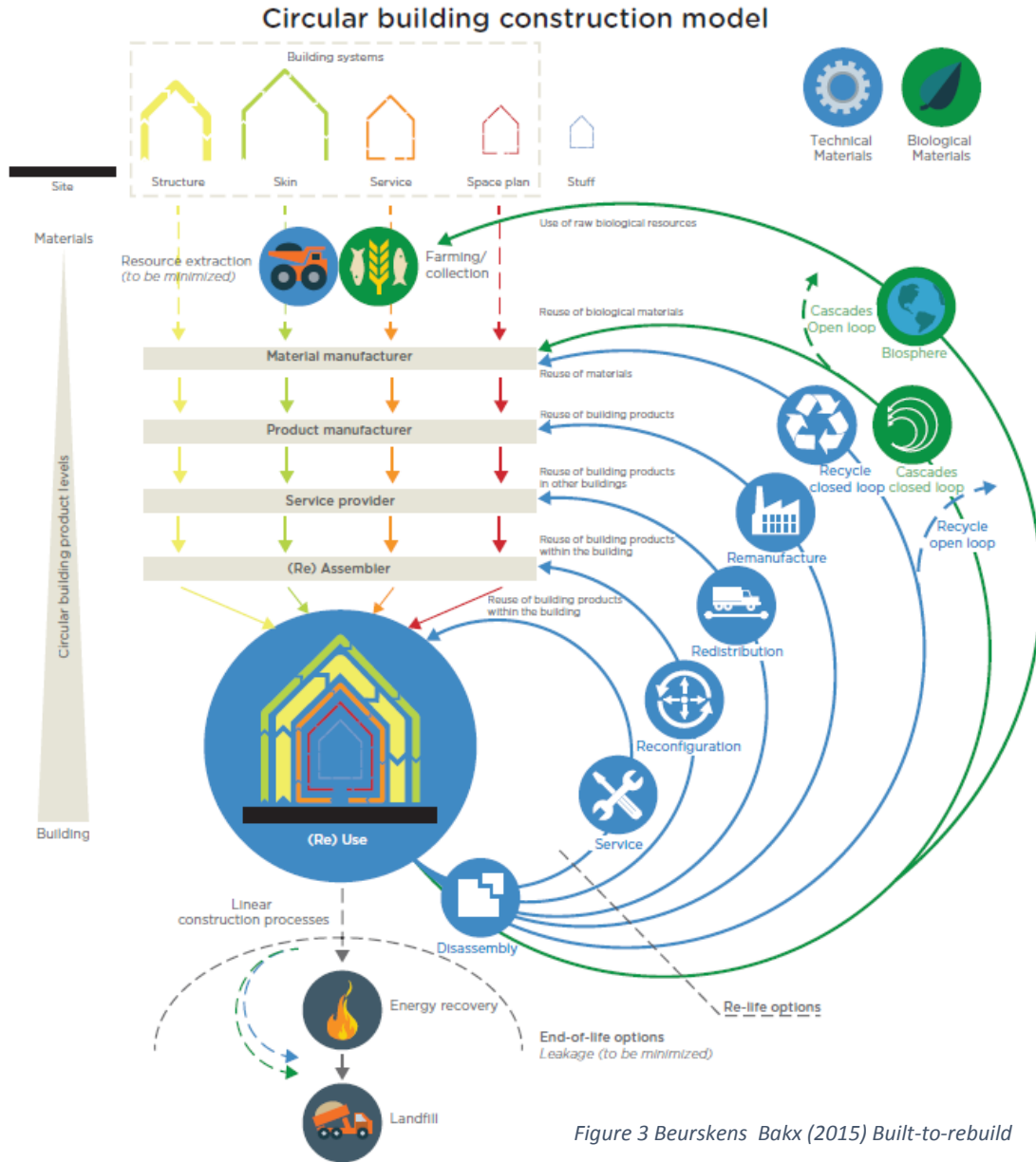


Figure 3 Beurskens Bakx (2015) Built-to-rebuild



Hoe groter de cirkel, hoe meer er sprake is van waarde vernietiging. Voor dit onderzoek zal ook worden aangetoond dat product en materiaal hergebruik op dezelfde locatie meer kostenvoordelen met zich mee brengt en een lagere milieu impact dan in situaties waar voor materialen uit sloop, eerst nog transport, bewerking en of opslag nodig is.

# Outcomes

## Deel I Define

### Klimaatsystemen als gebouwinstallaties

In het project onderzoeken we de klimaatsystemen zoals ook gedefinieerd door Circle Economy<sup>11</sup>, zie bijlage 4 voor uitgebreide graphics. Klimaatsystemen bestaan in principe uit drie **stelselcomponenten**.

- Opwekking (verwarming, koeling, luchtbehandeling)
- Distributie (pijpen, buizen, pompen) en
- Afgifte (radiatoren, roosters)

Voor elk van die onderdelen worden de materialen aangegeven. De **materialsoort** is een zinvol vertrekpunt voor het bepalen van de mogelijkheden voor hergebruik. Sommige materialen hebben een rode markering:

- Materialen gevoelig voor prijsschommelingen of grondstofschaarste (bijv koper)
- Materialen met grote milieu-impact (ammoniak, CFKs, koolwaterstoffen)

Daarnaast is voor de afzonderlijke componenten de **levensduur en onderhoudscycli** in kaart gebracht.

- Veel componenten gaan 15-20 jaar mee. Luchtfilters moeten al binnen enkele maanden worden vervangen, terwijl het buizenwerk 30-40 jaar standhoudt.

Aan het einde van de levenscyclus verdwijnen de componenten vaak in het grijze circuit waar het schroot wordt gerecycled. Filters worden vernietigd en koelstof moet worden verwerkt door gecertificeerde bedrijven.

Binnen ons onderzoek onderzoekt één studentengroep het hergebruik van leidingen (categorie distributie) in samenwerking met de BAM Modulaire fabriek. De andere studentengroep onderzoekt het hergebruik van radiatoren (categorie afgifte) op een andere locatie dan het slooppand.

In andere onderzoeken worden soms ook liften, lichtarmatuur, brandblusmiddelen, en keukenapparatuur meegenomen onder de categorie gebouwinstallaties. Wij hebben er voor gekozen om te focussen op klimaatsystemen omdat het onderzoek anders te breed wordt en ook omdat bij de klimaatsystemen vaker sprake is van staal houdende discrete elementen. Dit aspect werd specifiek vermeld binnen de KIEM-VANG aanvraag.

---

<sup>11</sup> Circle Economy Nederland Circulair!, *Klimaatsystemen Circle Scans*, augustus 2016

## Traditionele, lineaire ketensamenwerking klimaatsystemen

In dezelfde Circle scan is de traditionele lineaire ketensamenwerking weergegeven, zie bijlage 4.

Conclusies hieruit:

- De producent (van opwekking, distributie of afgifte onderdelen) geeft voorkeur aan het maken van nieuwe installaties; hij heeft nu geen incentive om oude installaties te verwerken
- De groothandel koopt energie efficiënte gelabelde producten in. Zij hebben alleen een incentive voor doorverkoop van nieuwe installaties.
- De installateur koopt 90% van de producten in via de groothandel. De installateur heeft alleen een incentive voor installatie nieuw systemen.
- Eigenaren / ontwikkelaars. Installatie- en onderhoudskosten worden doorgespeeld aan huurders. Zij zijn de spil in de keten om deze te veranderen.
- Onderhoud door installateur voor 1 jaar in 80-90% van de gevallen. Na 1 jaar is er vaak een tender voor verder onderhoud (met gemiddelde termijn 1-5 jaar)
- Nieuwe installateurs. Verwijderen oud systeem en installeren nieuw systeem. Meestal een ander bedrijf dan originele installateurs. Nieuwe installaties gaan gem 10-30 jaar mee.
- Sloop bedrijf. Verwijdert/sloopt het systeem, verkoopt onderdelen aan de hoogste bieder. Lokale recyclers (met certificaat). Schroothandelaren China. Officieel wordt 45% nu gerecycled, dat wordt 85% .

Bij elk van deze stappen wordt een marge van ca. 10% gerekend terwijl het bezit verschuift – telkens een stap verder in de keten. Er is geen prikkel voor producenten om gebruikte installaties te hergebruiken.

## Nieuwbouw versus renovatie

In de huidige situatie wordt de rol van de stakeholder en de mogelijkheden voor hergebruik bepaald door een aantal factoren:

- a) Nieuwbouw of Renovatie
  - a. Pand wordt nieuw gebouwd of gerenoveerd
  - b. Betrokken stakeholder: aannemer, bouwer
  - c. Bij nieuwbouw worden andere keuzes gemaakt (bijv geen radiatoren meer)
- b) Oude pand wordt gesloopt of gerenoveerd
  - a. Het is interessant als materialen uit sloop direct hergebruikt kunnen worden bij renovatie op fysiek dezelfde plek.
  - b. Stappen
    - i. Demontage (scheiden materiaal en productstromen, koppeling met nieuwe bestemming)
    - ii. Opslag
    - iii. Transport
    - iv. Installatie in ander pand
- c) Afstemming vraag en aanbod van bouwmaterialen

Het is belangrijk om bij circulaire projecten deze factoren in de gaten te houden omdat het de haalbaarheid van product en materiaal hergebruik beïnvloedt.

## Deel II Uitvoering

Zoals aangegeven in methode van onderzoek zijn er twee deel onderzoeken uitgevoerd. Eén groep deed onderzoek naar hergebruik van radiatoren. De tweede groep deed onderzoek naar hergebruik van leidingen.

### Eerste onderzoek - Haalbaarheid hergebruik radiatoren niet eenvoudig aan te tonen

Bij het slooppand in Winterswijk is door studenten, onder begeleiding van Engie expert en Bas Slager, onderzoek gedaan naar de herbruikbaarheid van installaties. Zie bijlage 5 voor inventarisatielijst van aanwezige installaties en eerste toets op wel/niet herbruikbaar. Veel installaties bleken vanwege technische levensduur of wettelijke norm niet herbruikbaar. Vier mogelijkheden tot hergebruik werden gevonden:

- Brandslaghspels
- Convectoren
- CV-afsluiters
- Radiatoren

Na beoordeling op een aantal punten zoals (de)montage, volume, logistiek, voorwerk, geschatte financiële en milieu impact is besloten radiatoren verder te onderzoeken. Uitkomsten hierbij:

- Nieuwe kantoorpanden zijn geen afzetmarkt hiervoor (zitten geen radiatoren meer in)
- Renovatiemarkt (utiliteit en woningbouw) is wel een mogelijke afzetmarkt
- Bij de renovatie van de Padualaan 101 (uitgevoerd door BAM) zijn de oude radiatoren blijven hangen. Voor de BAM maakt dit weinig verschil terwijl het de klant (HU in dit geval) een kosten en duurzaamheidsvoordeel oplevert.
- De inschatting is dat de renovatiemarkt voor hergebruikte radiatoren nog miniem is.
- Kanttekening bij dit onderzoek is het gebrek aan aansluiting op de BAM modulaire fabriek (T2). De BAM produceert zelf geen radiatoren. Betrokkenheid bij de handel en bewerking ervan is niet te verwachten.
- In de LCA is onderzocht naar wat de milieu impact is van het installeren van een nieuwe radiator in plaats van een circulaire radiator. Hierbij moet opgemerkt worden dat de milieu impact van spoelen met zuur onvoldoende lijkt te zijn meegenomen. Er is gekeken naar het verschil in kosten van een nieuwe radiator en een hergebruikte radiator<sup>12</sup>
- Afhankelijk van de wensen van de gebruiker (duurzaamheidsambitie) kan het hergebruik van radiatoren financieel en voor het milieu aantrekkelijk zijn.
- Het is lastig om betrouwbare gegevens te krijgen over kosten van hergebruik versus nieuwprijs. De opgevoerde kosten van (de)montage, reiniging en afwerking liepen sterk uiteen (Engie rapport vs studenten). Ook de impact van het volume (aantal radiatoren) is hierbij belangrijk. Een vrachtwagen vol radiatoren biedt meer schaalvoordelen dan enkele stuks. Daardoor kan de business case totaal anders uitvallen.
- De financiële en milieu impact is gunstiger in situaties waar donorpand en bestemmingspand gelijk zijn (zoals bij de Padualaan). Zodra er sprake is van Re-distribute (transport) en Re-manufacture (reiniging en afwerking) stijgt de milieu impact.

---

<sup>12</sup> Zie bijlage 6

Uit het onderzoek<sup>13</sup> dat Engie deed bij dezelfde locatie in het kader van het Oldtimer<sup>14</sup> project bleek dat veel installaties ongeschikt zijn voor hergebruik door de regelgeving. Daardoor kan het zijn dat hergebruik nog wel mogelijk is volgens de technische levensduur maar niet door de regelgeving.

Relevante regelgeving hierbij:

- Luchtbehandelingsinstallaties
  - Vanaf 1 januari 2016 moeten producten van luchtbehandelingskasten > 1000m<sup>3</sup>/h, bedoeld voor mechanisch gebalanceerde ventilatie, zijn voorzien van regelbare warmteterugwinning. Klimaatcondities worden aangescherpt, waarbij koeling en bevochtiging in panden geregeld moeten worden.
  - Opgenomen in nieuwe EU-richtlijn 1253/2014, vergelijkbaar met de CE-markering.
- NOx emissie-eis voor centrale verwarmingsketels
  - Per 1 januari 2017, geldt de nieuwe NOx emissie-eis voor centrale verwarmingsketels met een vermogen van > 0,4 MW. Door de overheid ingestelde NOx emissie-eis is < 70 mg/nm<sup>3</sup>. Bestaande installaties dienen sinds 31 december 2016 aan deze eis te voldoen.
  - Alle te nemen maatregelen hebben betrekking tot energiebesparende maatregelen en een verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot tot doel.
- Drinkwaterwet en het Drinkwaterbesluit
  - Dit houdt in dat de regeling legionellapreventie in collectieve drinkwater- en warm tapwaterinstallaties is vastgelegd.
  - De leidingwaterinstallaties moeten voldoen aan de NEN 1006 De laatste herziene versie, de NEN 1006, is sinds september 2015 per direct van kracht.
- Volgens de EU-Verordening 2037/2000 is het niet meer toegestaan om synthetische koelmiddel R22 bij bestaande spitkoelsystemen bij te vullen. De verordening is per 1 januari 2015 per direct in werking getreden.

De paneelradiatoren op de onderzoekslocatie (190 stuks) verkeren wel in goede technische conditie maar reiniging en afwerking is nodig voor hergebruik. Uit de vergelijking met nieuwprijs blijkt dat hergebruik dan toch nog duurder is. In het geval radiatoren op locatie blijven zal dit wel financieel gunstig kunnen uitpakken.

#### *Andere locaties*

Bij de renovatie van de eigen HU onderwijsgebouwen aan de Padualaan 99 en 101 werd tijdens de aanbesteding 20% meerwerk gegund voor duurzame optimalisaties. Daarbij is oa gekozen voor PV panelen, energiezuinig pompen en Led verlichting. De radiatoren op locatie Padualaan 101 zijn blijven hangen, soms doet men hier esthetische concessies. Ook is er uiteindelijk toch een nieuwe sprinkler installatie gekomen omdat de oude niet meer was te certificeren (L. Bouwman, BAM).

Bij de duurzame sloop van de OBS School door Oskam zijn de radiatoren gedemonteerd, opnieuw gespoten en elders geïnstalleerd. Ook de verwarmingsketel is ergens anders hergebruikt.

---

<sup>13</sup> Engie, M. Burggraaf: *Circulaire mogelijkheden bestaande installaties*; november 2016; in opdracht van BOOT Ingenieursburo

<sup>14</sup> Oldtimer is de werkgroep van het programma Klimaat voor Verandering, zie hoofdstuk Methode van onderzoek

## Tweede onderzoek - Hergebruik leidingen niet haalbaar

Dit deelonderzoek richt zich op de haalbaarheid van het hergebruiken van leidingen uit een sloop pand (Sharing Tower) waarna het als ingangsmateriaal gebruikt kan worden voor de BAM Modulaire fabriek. Volgens het model Beurkens, Bakx valt dit onder de categorie

Hergebruik leidingen - Reuse of building products (nl leidingen) / remanufacture

In het gesprek met K. Zeeuwe, N. Lamerichs van de modulaire fabriek werd duidelijk dat er veel moet gebeuren voordat de leidingen een tweede leven kunnen krijgen.

Ingangseisen<sup>15</sup>:

- Aan het materiaal moet een garantie van 20 jaar gegeven kunnen worden.
- Historie van de leidingen moet bekend zijn: Hoe oud is de leiding?, Wat is er door de leiding vervoerd?, Hoe lang heeft de leiding stilgestaan?
- De gebruikte leiding moet net zo schoon zijn als een nieuwe leiding.
- De leiding moet worden aangevoerd tussen de 3,6m en 6m.
- De dikte van waterleidingen moet 3mm zijn.
- Een leiding mag geen aftakking hebben.
- Een leiding moet perfect recht zijn.

## Hergebruik processtappen

Benodigde activiteiten en mogelijke stakeholders bij een proces gericht op hergebruik van leidingen zijn:

Deelproces	Activiteiten	Mogelijke uitvoerder / stakeholder	Opmerking
De-montage en sorteren leidingen	Min lengte en wanddikte Geen aftakkingen Perfect recht zijn	Slooppartij (New Horizon, repurpose/Boot)	Verdienmodel? New Horizon – slopen gratis het gebouw, de materialen zijn van NH, dat bieden zij aan
Transport en opslag		?	Verdienmodel?
Controle en bewerking, borging	Schoonmaken (water, chemicaliën voor nodig) Lassen Kwaliteitscontrole / borging	?	Verdienmodel? Mogelijke new business activiteit leidingen leveranciers zoals Z&B. Onduidelijk in hoeverre ze hier open voor staan.
Hergebruik		BAM Modulaire fabriek	Verdienmodel? Zie ingangseisen

De eerste inschatting is dat de hierbij benodigde tijd, afstemming en milieu impact niet loont ten opzichte van het alternatief:

Alternatief – omsmelten leidingen en daarna nieuwe leidingen maken (kosten = energie)

---

<sup>15</sup> K. Zeeuwe, N. Lamerichs

Volgens N. Lammerich lijkt het **recyclen (omsmelten) van leidingen interessanter dan het hergebruik van leidingen**. Dit geldt onder de voorwaarde dat er duurzame energie wordt gebruikt bij het omsmelten. (Duurzame) energie hebben we in principe genoeg. Voor hergebruik zijn er diverse stappen nodig met de nodige arbeid, logistiek, milieu impact en kosten. Wel moet je dit moet je per grondstof bekijken. Voor bijvoorbeeld hout is dit weer anders (niet oneindig te recyclen). Eventuele herbewerking van leidingen lijkt niet te passen in de activiteiten en het business model van BAM Modulaire fabriek. Het lijkt logischer om dit onder te brengen bij een toeleverancier voor leidingen zoals Z&B (Maastricht), ODS (Barendrecht) of TCS (Veghel). Het is onduidelijk of zij hiervoor open staan. Hierbij zijn ketensamenwerking en verdienmodel in ieder geval belangrijke aandachtspunten.

### Proces recyclen

In onderstaande tabel zijn de stappen aangegeven voor een proces waarbij de leidingen worden gerecycled (omgesmolten). Dit is het proces zoals het vandaag de dag gebeurt.

Deelproces	Activiteiten	uitvoerder / stakeholder	Opmerking
Sloop gebouw en gedeeltelijk sorteren		Slooppartij	
Verschrotten			
Omsmelten		? Tata Steel	Verdienmodel – volume materiaal
Nieuwe leidingen van maken	Zie ingangseisen Legering, buizen maken	Z&B (Maastricht), ODS (Barendrecht) of TCS (Veghel).	Verdienmodel – betaald per leiding, inkoopkosten staal / materiaal
Modulaire gebouwinstallaties		BAM Modulaire fabriek	

De studenten groep die de Sharing Tower als sloop locatie heeft onderzocht op mogelijkheden voor hergebruik geeft de volgende resultaten:

- Zie bijlage 7 voor overzicht van onderzochte materialen
- Genoemd als mogelijkheid voor hergebruik: CV ketels, kabelgoten, noodverlichting, brandhaspels, speakers in plafond, stekkerdozen, luchtkanaal, toiletputten, leidingen
- Bij meeste categorieën wordt aangegeven dat het is her te gebruiken maar weinig specifiek
- Deze groep geeft aan dat brandhaspels niet eenvoudig her te gebruiken is vanwege regelgeving. De andere groep noemt dit juist wel als goede optie.
- Leidingen zijn verder onderzocht (er zit ongeveer 4,5km aanleidingen in de Sharing Tower)
- Er is ook onderzocht wat de ingangseisen zijn mbt leidingen bij de BAM Modulaire fabriek
- Uit het LCA<sup>16</sup> blijkt dat het recyclen van de leidingen, wat de huidige situatie is, minder schadelijk is voor het milieu dan hergebruik. Ook is het een stuk goedkoper per buis om te recyclen dan het product te hergebruiken. In de businesscase is een scenario uitgezocht met het reinigen van de leidingen en opnieuw laten coaten. Kritisch punt hierbij is wel dat bij het

<sup>16</sup> Zie bijlage 8

schoonmaken van de leidingen, geen aandacht is besteed aan de milieu-impact van een zout- of citroenzuur behandeling. Is een dergelijke behandeling wel gewenst?

- Oskam is ook betrokken bij het renovatie project Sharing Tower. Door de enorme omvang van de CV installatie (beslaat hele bovenste verdieping), is demontage te complex en niet economisch interessant. Het demonteren van zo'n technische installatie kost al snel 2 ton (mammoet kraan, dak in stukken zagen, CV installatie in delen eruit). En dan zou er nog een klant met gebouw voor moeten zijn waar die weer in past. Ook de glazenwasser installatie weegt 60 ton. Wegtillen kost geld. Wie gaat hem nog kopen (P. Kreukniet)? Ook hier zien we dat het gaat om geld en een passend verdienmodel (demontage van sommige objecten is tijdrovend en er moet wel een klant voor zijn).
- Leidingen lijken niet interessant voor hergebruik en omvatten slechts 1% van het gebouw. Ze zitten overal door de plafonds heen en zijn ook verdeeld over alle verdiepingen. Dat maakt demontage veel te lastig en tijdsintensief en daarmee niet economisch interessant (P. Kreukniet, Oskam).

Uit deze gegevens blijkt dat hergebruik van leidingen niet haalbaar is vanwege regelgeving, milieu impact en hogere kosten.

#### Andere voorbeelden materiaal en product hergebruik klimaatinstallaties

Tijdens het onderzoek zijn wij nog een aantal andere voorbeelden en bedrijven tegengekomen die op het gebied van materialen en product hergebruik van klimaatinstallaties actief zijn. Een overzicht hiervan is opgenomen in bijlage 9.

### Deel III Eindresultaten en conclusies

De resultaten van het project zijn in de aanvraag omschreven als de kennisproducten die het project zal opleveren:

#### Kennis – proces, technisch en economisch

Kennis van de processen, techniek en economie heeft ons de volgende inzichten gegeven:

- 95% van de materialen wordt al gerecycled. Hoogwaardiger hergebruik zou beter zijn.
- Hergebruik van onderdelen is beter realiseerbaar dan van hele installaties.
- Er zijn criteria opgesteld waar onderdelen aan moeten voldoen (bijv schoon, recht, zonder aftakkingen, dikte in mm). Criteria moeten wel per onderdeel opgesteld worden.
- Voorbeelden van radiatoren en leidingen zijn onderzocht. Radiatoren lijken eerder haalbaar voor circulair hergebruik. Hergebruik van leidingen lijkt niet haalbaar door de complexiteit van demontage, bewerking en transport hetgeen leidt tot hogere kosten en milieu impact dan nieuwe producten.
- Wetgeving, richtlijnen en eisen t.a.v. moderne klimaatinstallaties zijn ook van invloed zijn op hergebruik van installaties. Verouderde installaties kunnen veelal niet voldoen aan de nieuwe eisen/ richtlijnen.
- Bestaande systeemcomponenten, producten en processen zijn niet ontwikkeld voor hergebruik. Het lijkt effectiever om in te zetten op circulair design. Juist op dit gebied lijken er wel concrete



resultaten te komen (oa voorbeeld BAM Modulaire fabriek en Design for Disassembly Nederland Circulair!)

- Een positieve business case is niet gevonden. Een lange termijn visie en de wil om de circulaire economie te realiseren is nog steeds van belang om hergebruik op termijn haalbaar te maken.

### *Vraag en aanbod koppeling*

Daarnaast is het cruciaal dat er een systeem bestaat/ontstaat voor de koppeling van vraag en aanbod in hergebruikte materiaal- en productstromen. Er zijn verschillende initiatieven die dat proberen te realiseren (oa Bouwmarkt plaats, Repurpose<sup>17</sup>). Het doel van de Bouwmarktplaats is om vraag en aanbod van bouwmaterialen online te faciliteren tussen aanbieder en afnemer. Het aanbod vullen zij aan door vroegtijdig in kaart te brengen welke materialen uit sloop meegenomen kunnen worden in het ontwerp van de nieuwbouw. De opschaling van dit soort initiatieven komt nog moeizaam van de grond.

Opdrachtgevers moeten beter nadenken over de timing van sloop aanbesteden. Nu is er vaak sprake van 3-4 jaar ontwikkeltijd voor nieuw gebouw terwijl de sloop pas 1-2 maanden voor sloop wordt aanbesteed. Dat is vaak te kort om vraag en aanbod stromen bij elkaar te brengen (P. Kreukniet, Oskam). Als er snel gesloopt moet worden wordt het zoeken naar afzet lastig.

Over materiaal geschikt voor hergebruik slooplocatie Winterswijk:

*Echter is de kans laag dat dit allemaal verkocht wordt. Er moeten maar net op het juiste moment in Nederland vraag zijn naar de 40 verschillende bouwproducten (website Boot Ingenieursburo).*

### *Kennis - ketensamenwerking en verdienmodel*

Het project heeft een aantal inzichten opgeleverd over het belang van ketensamenwerking en de rol van de verschillende partners. Zo zijn er verschillende momenten om in te stappen in de circulaire economie. Kijk je bijvoorbeeld naar ontwerp, om producten zo in elkaar te zetten dat ze het langst meegaan en na levensduur het beste weer uit elkaar te halen zijn? Of naar innovaties die de levensduur van een product verlengen? Ook kan je focussen op de end-of-life fase, het terugnemen van producten om ze zo hoogwaardig mogelijk te hergebruiken.

*Maar ik hoef als kabelleverancier zelf geen recycler te worden, daar ben ik niet goed in. Daarvoor wil ik dus graag samenwerken met andere partijen. Als producent kan ik bijvoorbeeld weer helpen door een grondstoffenpaspoort te verzorgen (Klimaat voor verandering)*

BAM produceert zelf bijna geen systeemcomponenten voor klimaatinstallaties (alleen distributie onderdeel). De samenwerking met leveranciers is daarom van groot belang. Bijvoorbeeld de bereidheid van leveranciers om hun producten aan het einde van de levenscyclus terug te nemen. Design for disassembly vereenvoudigt dan de demontage en hergebruik grondstoffen. Het is niet eenvoudig om afstemming te realiseren binnen alle partijen in de keten.

Ketensamenwerking als belemmering wordt ook genoemd in het Rijksbrede programma Circulaire Economie. Partijen in de keten moeten gezamenlijk materiaalstromen aanpakken, beginnend bij

---

<sup>17</sup> <http://www.bouwmarktplaats.nl>

productontwerp en grondstoffenkeuze en eindigend bij het terugwinnen van de gebruikte materialen. Dit gebeurt nu nog onvoldoende.

In de Circle scan (2016) wordt ook een voorzet gegeven van circulaire ketensamenwerking, zie bijlage 4.

Klimaat kan als een 'service' worden aangeboden door een servicebedrijf dat alle relevante partijen bij elkaar brengt. In deze constructie komt het klimaatsysteem niet in het bezit van de gebouweigenaar of ontwikkelaar. Net zoals Philips licht as a service verkoopt. In plaats daarvan kunnen meerdere partijen in de keten - zoals de producent, het servicebedrijf, installateurs en onderhoudsbedrijven - mede-eigenaar blijven van het klimaatsysteem.

Voorwaarde is wel dat voor elk van hen een meerwaarde bestaat om deel te nemen, die bijvoorbeeld door de restwaarde van de onderdelen en hun componenten kan worden gegenereerd. De meerwaarde kan ook worden gevonden door middel van activiteiten als revisie en remanufacturing van componenten, doorexterne partijen of door producenten zelf. Op deze manier kunnen delen van het klimaatsysteem hoogwaardig worden hergebruikt.

Om deze nieuwe vormen van meerwaarde te creëren voor de spelers in de keten, zijn nieuwe financieringsmodellen nodig, om veranderingen in cash flows en beschikbaar werkkapitaal te kunnen opvangen. Ook leidt een verandering in eigendom tot juridische vraagstukken, denk bijvoorbeeld aan componenten die 'nagelvast' zitten en bij faillissement van de gebouweigenaar niet gemakkelijk bij de producent terug kunnen komen.

#### *Verdienmodel*

Bij een circulaire aanpak veranderen de processen en daarmee ook de verdienmodellen van betrokken partijen. Afstemming tussen partijen in de keten hierover is niet eenvoudig. Iedereen redeneert al snel vanuit zijn eigen positie: *what's in it for me?* De sloper is al snel (te)veel tijd kwijt met demontage, heeft geen goed afzetkanaal en verdient zo niks bij hergebruik. Hergebruik van radiatoren kan an sich wel lonend zijn maar voor de BAM is dit een kleine categorie. Een andere aanpak verdient zich misschien niet snel terug.

In de fase van sloop zien we dat bedrijven verschillende business modellen hanteren. Zo werkt BOOT ingenieurs op uren basis bij een sloop project. New Horizon neemt een (deel) van de sloop aan en al het materiaal dat uit het gebouw komt is van hen (urban mining). Daarmee worden ze een handelaar in grondstoffen / hergebruikte bouwmaterialen. Ook hierbij is samenwerking tussen de verschillende partijen belangrijk. De demonterende partij is gebaat bij systemen die goed en snel gedemonteerd kunnen worden en wat opleveren bij verkoop. Een partij die hergebruikte materialen of systemen opnieuw inzet is gebaat bij goede kwaliteit en prijs.

Daarnaast wordt ook genoemd dat milieukosten nog onvoldoende worden verrekend in de prijs van grondstoffen (externe effecten zijn niet geïnternaliseerd). En ook de huidige regelgeving is nog onvoldoende gericht op de transitie. Dit komt omdat de focus nog te veel ligt op het tegengaan van de schadelijke effecten van afval en emissies en nog te weinig op het benutten van de waarde van grondstoffen.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Nederland Circulair in 2050, Rijksbreed programma Circulaire Economie, september 2016  
[www.rijksoverheid.nl/circulaire-economie](http://www.rijksoverheid.nl/circulaire-economie)

## Kennis - rol van de opdrachtgever

Het project heeft een aantal inzichten opgeleverd over de rol van de opdrachtgever.

De opdrachtgever dient ruim van te voren de sloop aan te besteden. Alleen dan kan de markt van vraag en aanbod optimaal functioneren. De opdrachtgever moet selecteren op sloopbedrijven, die bereid zijn de vraag van hergebruik te beantwoorden. Ook is het van belang dat de opdrachtgever in de contractvorming een circulair proces vooropstelt waarbij ook aandacht wordt geschonken aan aspecten die minder goed financieel onderbouwd kunnen worden zoals bijvoorbeeld milieu impact en de inzet van mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt.

## Instrumenten - checklist Circulaire Gebouwinstallaties

### *Hergebruik van installatie of onderdelen*

Het is niet haalbaar gebleken om een alles omvattende checklist of instrument te maken om installaties in gebouwen te kunnen waarderen op mogelijkheden voor hergebruik. Zo is er ook geen standaard overzicht te maken van de meest interessante installaties (of onderdelen daarvan) die in een circulair proces hergebruikt kunnen worden. Hier zijn diverse redenen voor:

- ❖ Het is lastig om betrouwbare gegevens te krijgen over de *kosten van hergebruik versus* nieuwprijs. De opgevoerde kosten van (de)montage, transport, reiniging en afwerking lopen sterk uiteen afhankelijk van wie het onderzoek uitvoert. Daardoor kan de business case totaal anders uitvallen.
- ❖ Bestaande processen en producten zijn niet ingericht op circulair hergebruik. Als je wil evalueren of, wat en hoe circulair hergebruik haalbaar is, zowel technisch als economisch, betekent dit dat je primaire processen en verdienmodellen gaat re-designen. Omdat hier ook meerdere stakeholders bij betrokken zijn is deze afstemming lastig en in veel gevallen luchtfietserij.
- ❖ Er zijn diverse factoren die een rol spelen bij de mogelijkheid tot hergebruik. Deze factoren kunnen globaal worden omschreven (bijv kwaliteit, technische levensduur etc) maar de invulling zal verschillen per onderdeel en materiaalsoort en is afhankelijk van de locatie en omstandigheden.
- ❖ Circulaire economie in de praktijk is een radicale verandering. Implementatie daarvan betekent dat primaire processen en verdienmodellen veranderen voor alle betrokken stakeholders. Dat vraagt om change management. Een checklist of inspectieformulier biedt dan slechts schijnzekerheid.

Wel kunnen we op basis van alle gesprekken en onderzoek aangeven dat de volgende factoren of stappen een rol spelen bij het bepalen van de mogelijkheid tot circulaire gebouwinstallaties:

- i. Gaat het om nieuwbouw of renovatie en is dit op dezelfde plek?
  - a. Nieuwbouw → vooral aandacht voor circulair design
    - i. Materiaal en producthergebruik ligt vaak minder voor de hand omdat er andere keuzes worden gemaakt bij een nieuw gebouw (bijv geen verwarming met CV ketels en radiatoren)
  - b. Renovatie → aandacht voor product en materiaal hergebruik
    - i. Hierbij is het interessant als materialen uit sloop direct hergebruikt kunnen worden bij renovatie op fysiek dezelfde plek
- ii. Tijdige aanbesteding van sloop met aandacht voor product en materiaal hergebruik
  - a. Dit geeft de sloop of urban mining partner tijd om een afzetkanaal te vinden
- iii. Onderscheid diverse materiaal / productstromen uit sloop of renovatie<sup>19</sup>
  - a. Inclusief de aantallen (volume)<sup>20</sup>
- iv. Evalueer hoe de volgende aspecten worden ingevuld bij materiaal of product hergebruik:
  - a. Proces (complexiteit, doorlooptijd)
  - b. Milieu impact (LCA analyse)
  - c. Kosten (grondstoffen, arbeid, bewerking, transport)
  - d. Kwaliteit<sup>21</sup>
    - i. Regelgeving, normen, richtlijnen
    - ii. Ingangseisen / specificaties
    - iii. Technische levensduur
- v. Vergelijk de kosten van hergebruik met de nieuwprijs van dit onderdeel, materiaal of systeemcomponent
  - a. Kosten
    - i. Wat kost dit onderdeel nieuw
    - ii. Wat kost dit hergebruikte onderdeel
      - incl demontage<sup>22</sup>, transport, opslag, reiniging, aanpassing
  - b. Opbrengsten
    - i. Wat is de kans op het vinden van afzet (wie wil het kopen)
    - ii. Wat is de verwachte waarde van hergebruik
      - Schatting nieuwprijs – kosten hergebruik<sup>23</sup>
- vi. Vergelijk de milieu impact van nieuwe vs gebruikte onderdelen
  - a. LCA analyse<sup>24</sup>

---

<sup>19</sup> Bijvoorbeeld 28 deelstromen case OBS buurtschool Oskam

<sup>20</sup> Schaalgrootte biedt ook kostenvoordelen bijv bij transport

<sup>21</sup> Zie bijvoorbeeld behandelde regelgeving en ingangseisen BAM modulaire fabriek

<sup>22</sup> Makkelijk te scheiden, eenvoud van demontage

<sup>23</sup> Bij leidingen bleken de kosten voor hergebruik hoger te liggen dan de nieuwprijs.

<sup>24</sup> Een LCA analyse van zowel nieuw als hergebruikt materiaal, product of onderdeel is een tijdrovende zaak als alle processtappen meegenomen worden. Ook zijn gegevens niet perse eenduidig en (makkelijk) beschikbaar.

De conclusie is dat hergebruik van installaties of onderdelen daarvan van geval tot geval en per locatie moeten worden bekeken.

Het is niet eenvoudig om aan te tonen dat hergebruik kosten en milieu voordeel oplevert. In veel gevallen zullen (helaas) de kosten van hergebruik hoger uitvallen dan de nieuwprijs van het onderdeel of product, ook door bijvoorbeeld arbeidsintensieve demontage. Ook kan de milieu impact van hergebruik hoger liggen door additionele bewerkingen en transport. Dat is ook wel logisch want de bestaande processen varen op routine, volume en zijn in de loop der jaren steeds efficiënter geworden. Tegen zo'n meetlat is het lastig concurreren. Naarmate bedrijven meer ervaring hebben met circulaire economie in de praktijk zal de haalbaarheid en kans van slagen toenemen (i.e. innovatie adoptie curve).

### *Circular design*

Bestaande systeemcomponenten, producten en processen zijn niet ontwikkeld voor hergebruik (design for disassembly). Het lijkt makkelijker om met een schone lei te beginnen. Juist dit gebied (circulair design) lijkt wel tot concretere resultaten te komen.

De werkgroep DFD (Design for Disassembly) van het programma Nederland Circulair! heeft een set van ontwerpprincipes ontwikkeld voor een generiek klimaatsysteem, die 'disassembly' of ontmanteling ten behoeve van reparatie, revisie of hoogwaardig hergebruik, vergemakkelijken.

De vijf DFD principes zijn gericht op standaardisatie, demontage, mono-materialen, multifunctionaliteit en ketensamenwerking. De principes zijn niet alleen op product en component niveau toe te passen, maar ook op systeemniveau<sup>25</sup>.

Het ontwerp van de BAM modulaire installaties kent diverse aspecten van design for disassembly en adaptability:

- Het systeem kent één ringleiding, één maat buis
  - o Alles is gestandaardiseerd en overgedimensioneerd zodat het voor meerdere toepassingen te gebruiken is. Bijv vluchtzone, kantoorzone etc
- Eenvoudige verbindingen: koppeling en demontage van de buizen (ipv lassen)

### Kennisdeling – bijeenkomsten

Op 26 januari 2017 heeft een bijeenkomst plaatsgevonden, waar de verschillende resultaten van het project gepresenteerd zijn. Tijdens deze bijeenkomst vonden ook de eindpresentaties van de studenten groepen plaats. Alle betrokkenen bij het project waren aanwezig en reflecteerden op de behaalde resultaten. Wat opviel was iedereen (studenten, opdrachtgevers) het eens was over de noodzaak van de circulaire economie. Tegelijkertijd gaat het toepassen van de circulaire economie in de praktijk niet zonder slag of stoot. Dit kan alleen door ketensamenwerking, innovatieve oplossingen (bijvoorbeeld om vraag en aanbod af te stemmen) en nieuwe verdienmodellen.

Kennisdeling, overig

- Circulair college, zie bijlage 11
- Sloop seminar, zie bijlage 12

---

<sup>25</sup> Zie bijlage 10 voor een samenvatting van het Design for Disassembly rapport

- Eindpresentaties studenten en gezamenlijke afronding bedrijven, 26 januari 2017
- Publicatie
  - Vakbladen, praktijk publicatie
    - UNETO-VNI I uitgever van 3 vakbladen: K&S, E&I en VV+.
    - <https://www.uneto-vni.nl/cms/showpage.aspx?id=21116>
    - Cobouw
  - HU Engineering youtube site<sup>26</sup>, video pitch studenten Quest projecten
    - Circulair Hergebruiken Bouwafval BAM (leidingen)
    - Circulair Gebouw B (radiatoren)

---

<sup>26</sup> <https://www.youtube.com/playlist?list=PLvUjOOXbudZha1lWKp4GIF7cdyzewiVEP>

## Bronnen

Beurskens, P. R., & Bakx M.J.M., 2015. Built-to-rebuild – The development of a framework according to the circular economy concept, which will be specified for the design of circular facades (master thesis).

Retrieved from <http://repository.tue.nl/801836>

Circle Economy Nederland Circulair!, *Klimaatsystemen Circle Scans*, augustus 2016

Design for Disassembly, 3 februari 2017, Principes voor Klimaatsystemen, Nederland Circulair!

Engie, M. Burggraaf: *Circulaire mogelijkheden bestaande installaties*; november 2016; in opdracht van BOOT Ingenieursburo

Eweg E., 18 April 2016, KIEM VANG project – Inhoudelijke wijziging project kenmerk PROVA-CE 01.007 Utrecht,

Eweg E., 17 september 2015, Aanvraagformulier KIEM definitief ondertekend

Eweg E., 16 september 2015, Begroting Kiem Vang definitief

Jacqueline Cramer: *Strategische Verkenning 'Op weg naar Cirkelregio Utrecht'*; USI, december 2015; op initiatief van Gemeente Utrecht en Gemeente Amersfoort namens U10, EBU, USI, NMU en IenM

Klimaatsystemen, Circle Scans, augustus 2016, CIRCLE economy,

McKinsey & Company: *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*; 2012; in opdracht van Ellen McArthur Foundation

Nederland Circulair in 2050, Rijksbreed programma Circulaire Economie, september 2016

[www.rijksoverheid.nl/circulaire-economie](http://www.rijksoverheid.nl/circulaire-economie)

Quest studentenprojectgroep, 19 januari 2016, Adviesrapport Circulaire Gebouwinstallaties BAM

Quest studentenprojectgroep A, 26 januari 2017, Adviesrapport Circulaire Gebouwinstallaties BAM, focus hergebruik leidingen

Quest studentenprojectgroep B, 26 januari 2017, Adviesrapport Circulaire Gebouwinstallaties BAM, focus hergebruik radiatoren

Vreeswijk K., 14 april 2016, Notulen overleg HU, BAM en Inbo