

CInfra

Het meetbaar maken van circulariteit binnen de infrastructuur



– Smart Solutions Semester –

Learning Community: Circularity in Infrastructure and Living Environment

– Sustainable Design for Infrastructure and Public Space –



Naam Student	Studentennummer	Saxion E-mailadres	Opleiding
Kevin Holsappel	448832	448832@student.saxion.nl	Bouwkunde
Lerato van der Lugt	454737	454737@student.saxion.nl	Bouwtechnische Bedrijfskunde
Marek Gibfried	517896	517896@student.saxion.nl	Project en Proces Management
Mirte Hoitink	468937	468937@student.saxion.nl	Bouwkunde
Niek Vaarhorst	466769	466769@student.saxion.nl	Civiele techniek
Stan Morskiet	469048	469048@student.saxion.nl	Bouwkunde

Datum: 16-01-2022

Versie: 01

Voorwoord

Voor u ligt het onderbouwingsdocument voor de tool Clnfra, Circularity Index Infrastructure, die gedurende het project 'Duurzaam en Circulair Ontwerpen van Infrastructuur en Leefomgeving', in opdracht van Stichting Pioneering, is vervaardigd.

De keuze voor het ontwikkelen van een tool, gericht op het meetbaar maken van circulariteit binnen de infrastructuur, is gemaakt op basis van het Projectplan, waarin onder andere de probleemstelling en onderzoeksvraag staat beschreven, en op basis van het vooronderzoek. Hiervoor wordt verwezen naar *'Bijlage 1 – Projectplan'* en *'Bijlage 2 – Vooronderzoek'*.

In dit onderbouwingsdocument wordt middels de trechtermethodiek het principe en de gemaakte keuzes met betrekking tot de inhoud van de tool onderbouwd. Onderdelen van deze onderbouwing betreffen de definitie van circulariteit, een analyse van de huidige circulariteitsmethodes inclusief de plus- en aandachtspunten en een analyse van het 10-R principe. Vervolgens wordt op basis van deze analyseresultaten de onderbouwing van de opbouw van de tool, inclusief haar criteria, bewerkstelligd. Daaropvolgende wordt door middel van het uitvoeren van testen de tool bekritiseerd, dit ten behoeve van de discussie en tevens ten behoeve van de aanbeveling voor een verdere optimalisatie van de tool in de toekomst.

De projectgroep wil via deze wijze alle betrokken die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van de tool bedanken. Hierbij in het bijzonder als eerste Jan Wienk, de klant en initiator van dit project afkomstig van Stichting Pioneering, voor zijn tijd, moeite en ingebrachte kennis en visie betreffende het project. Daarnaast danken wij Stegehuis voor hun betrokken en actieve bijdrage aan dit project middels het aanleveren van een praktijkvoorbeeld ten behoeve van het testen van de tool, evenals hun tijd en moeite gedurende het testen. Tot slot Peter Dubois, dank voor uw begeleiding gedurende dit semester en de totstandkoming van dit project.

Samenvatting

Op dit moment is er binnen de infrastructuur geen eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare methode om circulariteit te meten in de verschillende fases van projectontwikkeling. Dit maakt dat overheden en partijen in de infrastructuur circulariteit niet meetbaar kunnen maken, wat ertoe leidt dat het voor de infrastructuur niet te herleiden valt of het doel van de overheid ‘in 2050 de economie volledig circulair’ (Overijssel, 2020) wordt behaald of te behalen valt.

De hoofdvraag die aan de hand van de bovenstaande probleemperspectief is opgesteld luidt als volgt: *‘Wat is er nodig om een eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare methode te creëren om circulariteit te meten binnen de infrastructuur in de verschillende fases van de projectontwikkeling?’*

En op welke manier kunnen hierin de verschillende stakeholders, overheden en ondernemers, die betrokken zijn bij de projectontwikkeling binnen de infrastructuur en leefomgeving, gestimuleerd worden om met behulp van deze methode de gewenste transitie binnen de circulaire economie te bewerkstelligen?’

Om circulariteit meetbaar te maken is er eerst onderzoek gedaan naar het begrip circulariteit, dit ten behoeve van de afbakening van het begrip dat als basis dient voor de tool CInfra. Daaropvolgend is gekeken in hoeverre dit begrip meetbaar gemaakt kan worden en welke criteria daar bij horen, hiertoe is onderzoek gedaan naar de huidige stand voor het meetbaar maken van circulariteit, evenals bestaande meetmethoden. Waarna is gekeken naar de 10-R ladder, waarna de indicatoren aan deze ladder gekoppeld konden worden om zo eenduidigheid en overzicht te creëren.

Als antwoord op de hoofdvragen is de tool CInfra (Circularity Index Infrastructure) tot stand gekomen. De tool CInfra heeft als doel gemeenten, ontwerpers en bouwers bewust en actief het thema circulariteit aan te laten pakken en daarnaast ter stimulatie om meer circulair te ontwerpen en te bouwen binnen de infrasector. De tool is opgezet als prototype, waarna doormiddel van een continue iteratief proces de tool verder ontwikkeld dient te worden, waarbij expertises van verschillende stakeholders binnen de infrasector worden verkregen en geïmplementeerd, waardoor een continu optimaliserende tool ontstaat. Het huidige CInfra zal dan ook verder worden ontwikkeld in samenwerking met partijen binnen de infrasector.

Inhoud

Hoofdstuk 1 – Inleiding	6
Hoofdstuk 2 – Definitie circulariteit	8
2.1 Meest prominente definitie	8
2.2 Circulariteit door de jaren heen (Ellen MacArthur Foundation)	8
2.3 Verschillende definities	9
2.4 Analyse verschillende definities	12
2.5 Gekozen definitie ter afbakening	13
Hoofdstuk 3 – Huidige stand voor het meetbaar maken van circulariteit	14
3.1 Aandachtspunten circulariteitsindicatoren	14
3.2 Mogelijke indicatoren voor circulariteit	14
3.3 Conclusie van de huidige stand	16
Hoofdstuk 4 - Bestaande meetmethoden voor circulariteit	17
4.1 Circulaire Peiler	17
4.2 IMPACT methode TNO	21
4.3 Circularity check van Ecopreneur	21
4.4 Circularity Calculator	22
4.5 Madaster circularity	23
4.6 PRP® ReNtry	24
4.7 CIRCelligence by BCG	25
4.8 The C-indicators Advisor – Circular Potential Indicator (CPI)	27
4.9 Global Sustainable Enterprise (GSES)	29
4.10 Alba Concepts Building Circularity Index	30
4.11 Ambitieweb	31
4.12 Duurzaamheidsscore Infra-projecten	35
4.13 Milieuprestatie Gebouwen (MPG)	39
4.14 BREEAM-NL	43
Hoofdstuk 5 – Het 10 R-model om circulariteit te meten	48
5.1 Het 10-R principe	48
5.2 De definities van de 10 R'en	49
5.3 Een effectievere manier om de mate van circulariteit te meten	50
5.4 Mogelijkheid ter implementatie in de tool	50
Hoofdstuk 6 – Belangrijke aandachtspunten ter implementatie in de tool	52

6.1 Gecategoriseerde aandachtpunten	52
Hoofdstuk 7 – Prototype Clnfra	54
7.1 Vormgeving	54
7.2 Indicatoren	56
7.3 Scoringsmechanisme	56
Hoofdstuk 8 – Testen prototype Clnfra	57
8.1 Specificaties test	57
8.2 Test prototype door projectgroep	57
8.3 Test prototype door Stegehuis infra	59
Hoofdstuk 9 – Conclusie	60
Hoofdstuk 10 – Discussie	62
Hoofdstuk 11 – Aanbeveling	63
Bibliografie	65

Hoofdstuk 1 – Inleiding

In dit onderbouwingsdocument worden middels de trechtermethodiek de gemaakte keuzes in de vervaardiging van de tool Clnfra, Circularity Index Infrastructure, onderbouwd. De tool is vervaardigd binnen de Learning Community ‘Circulariteit in de infrastructuur en leefomgeving’ die onderdeel uitmaakt van het Smart Solutions Semester, in opdracht van het Saxion en de opdrachtgever Stichting Pioneering.

Gezien de omvang van de documenten zijn alle bijlagen als externe bijlage bijgevoegd en niet in dit onderbouwingsdocument verwerkt. Dit betekent dat voor verwijzingen naar externe documenten wordt verwezen.

Het idee voor het ontwikkelen van een tool om circulariteit meetbaar te maken binnen de infrastructuur is ontstaan op basis van de probleempceptie en afbakening gedurende een grondig vooronderzoek naar de huidige lineaire projectontwikkeling. Voor dit onderzoek wordt verwezen naar het document ‘Bijlage 2 – Vooronderzoek’. Dit probleem is als volgt geformuleerd: ‘Binnen de infrastructuur is geen eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare methode om circulariteit te meten in de verschillende fases van projectontwikkeling’.

Hieruit is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd (Bijlage 1 – Projectplan) : ‘Wat is er nodig om een eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare methode te creëren om circulariteit te meten binnen de infrastructuur in de verschillende fases van de projectontwikkeling?

En op welke manier kunnen hierin de verschillende stakeholders, overheden en ondernemers, die betrokken zijn bij de projectontwikkeling binnen de infrastructuur en leefomgeving, gestimuleerd worden om met behulp van deze methode de gewenste transitie binnen de circulaire economie te bewerkstelligen?’

Hiertoe is vervolgens het oplossingsscenario geformuleerd, namelijk het ontwikkelen van de tool Clnfra. De tool Clnfra heeft als doel gemeenten, ontwerpers en bouwers bewust en actief het thema circulariteit aan te laten pakken en daarnaast ter stimulatie om meer circulair te ontwerpen en te bouwen binnen de infrasector.

Zoals benoemd worden in dit onderbouwingsdocument de keuzes, met betrekking tot het principe en de gemaakte keuzes voor wat betreft de inhoud, in de vervaardiging van de tool Clnfra, Circularity Index Infrastructure, volgens de trechtermethodiek onderbouwd. Daarmee is de opbouw van dit onderbouwdocument als volgt vormgegeven. In Hoofdstuk 2 wordt als eerste de definitie van het begrip circulariteit vastgesteld, dit begrip dient immers als basis voor de tool. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 de huidige stand voor wat betreft het meetbaar maken van circulariteit binnen de infrastructuur uiteengezet.

In Hoofdstuk 4 wordt een analyse uitgevoerd van bestaande meetmethoden van circulariteit binnen de infrasector en daarbuiten. Hierbij ligt de nadruk op het in kaart brengen van de plus- en aandachtspunten van de afzonderlijke methoden. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 5 het 10-R principe geanalyseerd met als doel het beoordelen van de mogelijkheid tot implementatie in de tool. Daaropvolgend worden in Hoofdstuk 6 de meest relevante constatering, met betrekking tot de plus- en aandachtspunten van bestaande meetmethoden voor circulariteit, zoals behandeld in *Hoofdstuk 4*, opgesomd, ter implementatie in de tool.

Op basis van de analyseresultaten uit de Hoofdstukken 2 tot en met 6 wordt in Hoofdstuk 7 de onderbouwing van de opbouw van de tool, inclusief haar criteria, bewerkstelligd. Daarop volgen in

Hoofdstuk 8 de test resultaten die zijn vervaardigd gedurende de testen die op een praktijkproject zijn uitgevoerd door zowel de projectgroep als de opdracht gevende partij Stegehuis.

Hoofdstuk 9 sluit af met de conclusie en aanbeveling. Hierin wordt de tool bekritiseerd en wordt tevens een aanbeveling gedaan met als doel de functionaliteit van de tool te optimaliseren, evenals de toegevoegde waarde en de gebruiksvriendelijkheid van de tool.

Hoofdstuk 2 – Definitie circulariteit

Het concept van de circulaire economie (CE) is trending en daarom wordt er tegenwoordig veel lippendienst aan bewezen. Trending concepten hebben de neiging om hun betekenis te diffunderen en velen hebben beweerd dat dit ook is gebeurd met het circulaire economie-concept.

De Europese politiek, maar ook beleidsmakers uit China, besteden steeds meer aandacht aan de transitie naar een circulaire economie. Een voorbeeld dat kan gelden als bewijs is de Circular Economy Package. Dit is een actieplan van de EU bestaande uit een ambitieus plan bestemd om die transitie mogelijk te maken (European Commission, 2018).

In dit hoofdstuk worden verschillende definities besproken. Als eerst wordt de meest prominente definitie, die alomtvattend is en het meest wordt gebruikt. Vervolgens wordt weergegeven hoe deze definitie volgens de Ellen MacArthur Foundation zich door de jaren heen heeft ontwikkeld en daarmee ook steeds meer aspecten betreft. Daarna worden verschillende definities uit verschillende sectoren uitgelicht om zo verschillende opvattingen aan het licht te brengen, waarna een korte analyse is geschreven. Als laatste wordt de door ons gekozen definitie uitgelicht.

2.1 Meest prominente definitie

Martin Geissdoerfer, bekende onderzoeker op het gebied van circulariteit, evenals Evert Schut, senior adviseur voor Rijkswaterstaat, beweren dat de meest prominente CE-definitie is geschreven door de Ellen MacArthur Foundation die luidt:

“Een circulaire economie is een industrieel systeem dat herstellend of regeneratief is door opzet en ontwerp. Het vervangt het 'end-of-life'-concept door restauratie, verschuift naar het gebruik van hernieuwbare energie, elimineert het gebruik van giftige chemicaliën, die hergebruik belemmeren, en streeft naar de verwijdering van afval door het superieure ontwerp van materialen, producten, systemen en, daarin, bedrijfsmodellen.” (Foundation, 2013)

Zelf hebben wij echter gekozen voor de definitie van de circulaire economie door de Ellen MacArthur Foundation uit 2015, waar het draait om drie principes, die kunnen worden gekoppeld aan de 10R ladder. Zie hiervoor ‘Paragraaf 2.6’.

2.2 Circulariteit door de jaren heen (Ellen MacArthur Foundation)

Om een goed beeld te krijgen van hoe circulariteit (circulaire economie) zich als begrip door de jaren heen heeft ontwikkeld zijn hieronder een aantal definities van de Ellen MacArthur Foundation weergegeven. Naarmate de jaren toenemen is te zien hoe het concept zich steeds verder uitbreidt, waarbij de belangrijkste principes steeds terugkomen;

2012: “Een circulaire economie is een industrieel systeem dat door intentie en ontwerp herstellend of regeneratief is. Het vervangt het 'end-of-life'-concept door restauratie, verschuift naar het gebruik van hernieuwbare energie, elimineert het gebruik van giftige chemicaliën, die hergebruik belemmeren, en streeft naar het elimineren van afval door het superieure ontwerp van materialen, producten, systemen en, daarin, bedrijfsmodellen. ” (Ellen MacArthur Foundation, 2012)

2013: “Een circulaire economie is herstellend en regeneratief van opzet en streeft ernaar om producten, componenten en materialen te allen tijde op hun hoogste nut en waarde te houden. Het concept maakt onderscheid tussen technische en biologische cycli. Zoals de initiatiefnemers voor ogen hadden, is een circulaire economie een continue positieve ontwikkelingscyclus die het natuurlijk kapitaal in stand houdt

en verbetert, de opbrengsten van hulpbronnen optimaliseert en systeemrisico's minimaliseert door eindige voorraden en hernieuwbare stromen te beheren. Het werkt effectief op elke schaal". (Ellen MacArthur Foundation, 2013)

2014: "Een circulaire economie is een industrieel systeem dat door intentie en ontwerp herstellend of regeneratief is. Het vervangt het end-of-life-concept door restauratie, verschuift naar het gebruik van hernieuwbare energie, elimineert het gebruik van giftige chemicaliën, die hergebruik en terugkeer naar de biosfeer belemmeren, en streeft naar de verwijdering van afval door het superieure ontwerp van materialen, producten, systemen en businessmodellen. Zo'n economie is gebaseerd op een paar eenvoudige principes.. Ten eerste is de kern van een circulaire economie erop gericht om afval te elimineren. Afval bestaat niet: producten worden ontworpen en geoptimaliseerd voor een kringloop van demontage en hergebruik. Deze strakke component- en productcycli definiëren de circulaire economie en onderscheiden deze van verwijdering en zelfs recycling, waarbij grote hoeveelheden ingebedde energie en arbeid verloren gaan. Ten tweede introduceert circulariteit een strikt onderscheid tussen verbruiksartikelen en duurzame componenten van een product". (Ellen MacArthur Foundation, 2014)

2016: "De circulaire economie helpt economische waardecreatie los te koppelen van het verbruik van hulpbronnen. De vier 'waardedrijvers' - Het verlengen van de gebruikscyclus van een asset; het verhogen van het gebruik van een asset of resource; het in een lus of cascade zetten van een asset door middel van extra gebruikscycli; en de regeneratie van natuurlijk kapitaal - kunnen worden gecombineerd met een (of meerdere) van de drie belangrijkste intelligente assets value drivers – kennis van de locatie; staat en beschikbaarheid van een asset. De circulaire economie steunt op drie kernprincipes. Principe 1: Behoud en vergroting van natuurlijk kapitaal door eindige voorraden te beheersen en stromen van hernieuwbare hulpbronnen in evenwicht te brengen – bijvoorbeeld door fossiele brandstoffen te vervangen door hernieuwbare energie of door de maximale duurzame opbrengstmethode te gebruiken om visbestanden in stand te houden. Principe 2: Optimaliseer de opbrengst van hulpbronnen door producten, componenten en materialen die te allen tijde in gebruik zijn bij het hoogste nut in zowel technische als biologische cycli te circuleren, bijvoorbeeld door producten te delen of in een lus te plaatsen en productgebruikscycli uit te breiden. Principe 3: Bevorder de effectiviteit van het systeem door negatieve externe effecten, zoals water-, lucht-, bodem- en geluidsoverlast aan het licht te brengen en te ontwerpen; klimaatverandering; toxines; ophoping; en negatieve gezondheidseffecten in verband met het gebruik van hulpbronnen.". (Ellen MacArthur Foundation, 2016)

2.3 Verschillende definities

Naast de Ellen MacArthur Foundation definities zijn er ook veel andere in omloop. Hieronder zijn een aantal definities, vanuit verschillende sectoren en landen, te zien die ook veel worden gebruikt, maar op veel aspecten verschillen. Dit verklaart onder andere waarom wanneer er gesproken wordt over het begrip circulariteit er veel verschillende opvattingen zijn;

"Een circulaire economie is een herstellende industriële economie waarin materiaalstromen van twee soorten kunnen zijn: biologische voedingsstoffen, ontworpen om veilig de biosfeer binnen te komen, en technische voedingsstoffen (niet-biologische materialen), die ontworpen zijn om met hoge kwaliteit te circuleren, met hun economische waarde behouden of verbeterd". (Circular Academy, 2013)

"In een zero waste systeem is de materiaalstroom circulair, wat betekent dat dezelfde materialen steeds opnieuw worden gebruikt tot het optimale verbruik. Er wordt geen materiaal verspild of onderbenut in een circulair systeem. Daarom worden producten aan het einde van hun levensduur hergebruikt,

gerepareerd, verkocht of gedistribueerd binnen het systeem. Als hergebruik of reparatie niet mogelijk is, kunnen ze worden gerecycled of teruggewonnen uit de afvalstroom en worden gebruikt als inputs, ter vervanging van de vraag naar de winning van natuurlijke hulpbronnen.” (Song, Li, & Zeng, 2015)

“De Britse regering heeft een afvalhiërarchie van "reduce, re-use, recycle" uitgebreid gepromoot die nu in China wordt gebruikt als de 'Circular Economy' (Yuan, Bi, & Moriguchi, 2006), waarvan de eerste twee opties materiële efficiëntie beschrijven, maar in werkelijkheid is veel beleid gericht op het bevorderen van de derde”. (Allwood, Ashby, Gutowski, & Worrel, 2011)

“De Britse regering heeft een afvalhiërarchie van "reduce, re-use, recycle" uitgebreid gepromoot die nu in China wordt gebruikt als de 'Circular Economy' (Yuan, Bi, & Moriguchi, 2006), waarvan de eerste twee opties materiële efficiëntie beschrijven, maar in werkelijkheid is veel beleid gericht op het bevorderen van de derde”. (Allwood, Ashby, Gutowski, & Worrel, 2011) Volgens Stahel (Stahel, 2013) ligt de sleutel tot verlenging van de productlevensduur “in de transformatie van de feitelijke lineaire productiegerichte industriële economie naar een gebruiksgerichte diensteneconomie die in kringlopen werkt”. Dit is een beknopte samenvatting van het concept circulaire economie dat aan de basis ligt van veel huidig ontwerp denken. McDonough en Braungart praten bijvoorbeeld over “afval is gelijk aan voedsel” en “nutriëntenbeheer” in hun cradle-to-cradle ontwerpmethodologie. De Ellen MacArthur Foundation pleit voor “circulaire producten” die complementair zijn aan een circulaire economie. Stahel (Stahel, 2013) vergelijkt de lineaire economie met een rivier en de circulaire economie met een meer, waardoor een bruikbare metafoor ontstaat van stroming en verlies versus behoud en reservering van waarde. Dit circulaire denken ondersteunt de EU-kaderrichtlijn afvalstoffen, die een afvalbeheerhiërarchie presenteert van preventie, hergebruik, recycling, andere terugwinning (d.w.z. energietrugwinning) en verwijdering, waarbij preventie en hergebruik de voorkeursbenaderingen van afvalbeheer zijn. (Bakker, Wang, Huisman, & Hollander, 2014)

China's idee van de circulaire economie heeft zijn eigen kenmerken. Dajian_(Dajian, 2008) is van mening dat in ieder geval de volgende kenmerken de moeite waard zijn om te benadrukken. Ten eerste is de circulaire economie van China een idee over het economische patroon met betrekking tot de natuur in plaats van een idee over milieubeheer zoals in sommige andere landen. China hoopt het verbruik van hulpbronnen en de productie van verontreinigende stoffen aan de bronnen en in het hele proces te verminderen door het economische patroon te veranderen. Daarnaast hoopt China doormiddel van de circulaire economie ook een win-win situatie te bereiken in zowel de economie als het milieu; daarom is de afdeling die wordt voorgesteld voor de planning van de circulaire economie als geheel in China de State Development and Reform Commission, die een alomvattend karakter heeft in plaats van milieubeheerafdelingen in sommige andere landen. Ten tweede is de circulaire economie van China niet alleen gericht op de afvaleconomie of de 3V-economie voor de behandeling van vast afval met betrekking tot objecten, maar op alle schaarse hulpbronnen die betrokken zijn bij de economische ontwikkeling van China, waaronder water, land, energie, materialen en bijbehorend afval; tot op zekere hoogte is het voor China van meer urgente betekenis om een circulaire economie te ontwikkelen die zich bezighoudt met het verbruik van water, land, energie en andere hulpbronnen en de beheersing van gerelateerde verontreinigende stoffen. Ten derde omvat de circulaire economie van China verschillende ruimteniveaus met betrekking tot schaal en individuele ondernemingen, industrieparken en regio's, enz. Ten vierde benadrukt de circulaire economie van China geleidelijk toenemende praktijkvormen op drie niveaus met betrekking tot patroon en benadrukt de noodzaak zich te ontwikkelen van laag actieve afvalrecycling op basis van ecologische efficiëntie (om consumptie en vervuiling te verminderen) naar hoogwaardige

recycling van producten en diensten op basis van ecologische effecten (om consumptie en vervuiling te voorkomen).

“De economie zien als een gesloten systeem - in tegenstelling tot een lineair systeem - heeft geleid tot wetgeving die de afvalproductie en het energieverbruik binnen aanvaardbare grenzen probeert te houden. Voorbeelden hiervan zijn uitgebreide wetgeving op het gebied van recycling en afvalbeheer en bijbehorende wet- en regelgeving die nu van kracht is in Japan en de Europese Unie”. (Davis & Hall, 2006)

“De circulaire economie (CE) streeft er echter naar om geen netto-impact op het milieu te hebben door eventuele schade die is aangericht bij het verwerven van hulpbronnen te herstellen en tegelijkertijd het afval dat wordt gegenereerd tijdens de productie en levenscyclus van producten tot een minimum te beperken. Bovendien is bewaerd dat CE-benaderingen banen zullen genereren en het concurrentievermogen zullen verbeteren, terwijl ze energiebesparingen bevorderen en de uitstoot van broeikasgassen verminderen. Volgens Gregson en collega's staat de doelstelling om economische groei los te koppelen van het verbruik van hulpbronnen centraal in de CE, wat tot uiting komt in de nadruk op hulpbronnenefficiëntie. In de CE behouden hergebruik en her-fabricage meer waarde dan recycling. Het overgrote deel van recycling is downcycling, met verminderde kwaliteit en waarde. Het is niet alleen belangrijk om hulpbronnen en goederen efficiënter te gebruiken, maar ook om onnodige vraag te beperken - verminderen of voorkomen in de afvalhiërarchie. Het concept van de circulaire economie is ontstaan als een manier om meer waarde uit hulpbronnen te halen en tegelijkertijd de materiaaldoorvoer te verminderen. Het omvat gesloten en coöperatieve benaderingen, hergebruik, aanpassing, beheer van hulpbronnen, voorraadbeheer, delen en andere nieuwe bedrijfsmodellen.” (Ness & Xing, 2017)

“In een circulaire economie (CE) wordt de economische en ecologische waarde van materialen zo lang mogelijk behouden door ze in het economische systeem te houden, hetzij door de levensduur van de daaruit gevormde producten te verlengen, hetzij door ze terug in het systeem te hergebruiken. Het begrip afval bestaat niet meer in een CE, omdat producten en materialen in principe voor onbepaalde tijd worden hergebruikt.” (Hollander, Bakker, & Hultink, 2017)

“Het concept van de circulaire economie gaat over het loskoppelen van groei van het verbruik van hulpbronnen en het maximaliseren van de positieve ecologische, economische en sociale effecten. Het gaat erom producten zo te ontwerpen dat ze gemakkelijker te hergebruiken of te recyclen zijn en ervoor te zorgen dat elk productingrediënt biologisch afbreekbaar of volledig recyclebaar is. Kortom, een concept dat perfect aansluit bij de ontwikkeling van de bio-economie en de transitie naar bio-based in plaats van fossiele producten”. (SusChem, 2015)

“Een circulaire economie is een economisch systeem dat herbruikbaarheid van producten en materialen en het behoud van natuurlijke hulpbronnen als uitgangspunt neemt. Het streeft ook naar waarde creatie voor mens, natuur en economie in elk onderdeel van het systeem”. (Circular Academy, 2013)

“Het concept van een circulaire economie – dat momenteel veel wordt gepromoot in Azië – heeft zijn conceptuele wortels in de industriële ecologie, die een vorm van materiële symbiose voorstelt tussen anders zeer verschillende bedrijven en productieprocessen. Industriële ecologie benadrukt de voordelen van hergebruik van reststoffen en bijproducten door bijvoorbeeld de ontwikkeling van complexe onderlinge verbanden, zoals die in de bekende industriële symbioseprojecten. In meer algemene termen bevordert het echter het minimaliseren van hulpbronnen en de invoering van schonere technologieën”. (Anderson, 2007)

“Een circulaire economie heeft tot doel de instroom van nieuwe grondstoffen te verminderen en in plaats daarvan materialen uit verschillende uitstroomstromen, oftewel de verspilling van de samenleving, te hergebruiken. De hoge prioriteit van afvalrecycling wordt ondersteund door wetgeving, beleid en richtlijnen, bijvoorbeeld de afvalhiërarchie in de EU (Richtlijn 2008/98/EG)”. (Augustsson, Störme, Karlsson, & Amneklev, 2017)

“Circulariteitsstatistieken zijn nuttig voor het empirisch beoordelen van de effecten van een circulaire economie in termen van winstgevendheid, banencreatie en milieueffecten. Het uiteindelijke doel van een circulaire economie is duurzame ontwikkeling. Een verschuiving naar een circulaire economie stelt de uitdaging voor om directe en indirecte materiaalstromen te recirculeren op een manier die eco-effectiviteit kan bevorderen. De verschuiving vereist veranderingen op microniveau (individuele bedrijven en consumenten), mesoniveau (eco-industriële parken) en macroniveau (stad, provincie, regio en natie) (Geng & Doberstein, Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving "leapfrog development", 2008) (Ghisellini, Cialani, & Ulgiati, 2016) (Geng, Zhang, Côté, & Fuijta, 2009). Activiteiten op microniveau die deze verandering kunnen ondersteunen, zijn onder meer ecodesign, afvalminimalisatie, schonere productie, milieubeheersystemen, verlenging van de levensduur van producten, nieuwe bedrijfsmodellen en nieuwe consumptiewijzen. Er zijn drie strategieën voor materiaalrecirculatie geïdentificeerd (hergebruik, herfabricage en recyclen) die de manier waarop gefabriceerde goederen worden geproduceerd en geconsumeerd, willen veranderen.” (Linder, Sarasini, & Loon, 2017)

2.4 Analyse verschillende definities

Het is zorgwekkend dat maar een klein deel van de definities een verspilling van hiërarchie aangeeft. Voorbeelden van definities die wel een afvalhiërarchie bevatten zijn van (Song, Li, & Zeng, 2015), (Ness & Xing, 2017) en (Allwood, Ashby, Gutowski, & Worrel, 2011). Definities zonder afvalhiërarchieën worden beschouwd als ondermijnende circulaire economie-definities, aangezien **het aannemen van dergelijke definities kan leiden tot bedrijven die slechts minimale wijzigingen in hun huidige bedrijfsmodel doorvoeren**, bijv. toenemende recycling, om te beweren dat ze deel uitmaken van de circulaire economie. Circulaire economie moet echter worden begrepen als een fundamentele systemische verandering in plaats van een beetje verdraaiing van de status-quo om de impact ervan te verzekeren. Een iets groter deel van de definities conceptualiseren circulaire economie vanuit een **systeemperspectief**. Daarnaast is de link naar duurzame ontwikkeling vaak zwak waarbij de meeste auteurs/bedrijven de circulaire economie zien als een weg naar economische welvaart, terwijl eerdere geleerden die verhalende reviews van de circulaire economie-literatuur deden, hebben betoogd dat **de circulaire economie zich vooral bezig zou houden met milieudoelstellingen**. Het is niet verwonderlijk dat de focus op economische welvaart vooral prominent aanwezig is in de definities van praktijkmensen. Daarnaast wordt er beweerd dat circulaire economie-begrippen de sociale overwegingen meestal verwaarlozen.

Er is een onderscheid nodig tussen ideale en ondermijnende circulaire economie definities. **Als ondermijnende definities gaan domineren, zal de implementatie van de circulaire economie op zijn best alleen maar leiden tot stapsgewijze verbeteringen, waarbij het concept zijn belofte van fundamentele verandering niet kan waarmaken. Het circulaire economie concept zal dan uiteindelijk een modewoord worden in het discours over duurzame ontwikkeling.**

2.5 Gekozen definitie ter afbakening

2015: “Voor deze economische analyse wordt de circulaire economie gedefinieerd als een economie die meerdere waardecreatie mechanismen biedt die losgekoppeld zijn van het verbruik van eindige hulpbronnen (Figuur 8). Deze definitie is gebaseerd op drie principes: **Behoud en vergroting van natuurlijk kapitaal door eindige voorraden te beheersen en stromen van hernieuwbare hulpbronnen in evenwicht te brengen**, bijvoorbeeld door fossiele brandstoffen te vervangen door hernieuwbare energie of nutriënten terug te geven aan ecosystemen. **Optimaliseer de opbrengst van hulpbronnen door producten, componenten en materialen die in gebruik zijn te allen tijde met het hoogste nut in zowel technische als biologische cycli te laten circuleren**, bijvoorbeeld door producten te delen of in een lus te plaatsen en de levensduur van producten te verlengen. **De effectiviteit van het systeem bevorderen door negatieve externe effecten, zoals water-, lucht-, bodem- en geluidsoverlast aan het licht te brengen en te ontwerpen; klimaatverandering; toxines; ophoping; en negatieve gezondheidseffecten in verband met het gebruik van hulpbronnen**. Er bestaan kleinere noties van de circulaire economie, beperkt tot materiaalhergebruik en soms regeneratie. Maar de moderne economie vereist toepassing van alle drie de principes om de economie opnieuw te integreren in het systeem van onze planeet, wat de ultieme ambitie is van circulair denken. Het toepassen van deze principes betekent dus het creëren van een economie die herstellend en regeneratief is, die ecosystemen in stand houdt en hun rendement in de loop van de tijd verhoogt, die welvaart creëert en die groei stimuleert door meer waarde te halen uit bestaande infrastructuur en producten”. (Ellen MacArthur Foundation, 2015)

Hoofdstuk 3 – Huidige stand voor het meetbaar maken van circulariteit

Om een tool te ontwikkelen die van toegevoegde waarde is en zich onderscheidt van bestaande methoden dient de huidige stand voor het meetbaar maken van circulariteit binnen de infrastructuur geanalyseerd te worden gemaakt. In dit hoofdstuk worden belangrijke constatering wat betreft de huidige stand voor het meetbaar maken van circulariteit binnen de infrasector uiteengezet. Daarnaast wordt aandacht geschonken aan indicatoren voor circulariteit, waarbij tevens een bestaande meetmethode, de CB'23, wordt behandeld die is opgebouwd uit de principes van deze indicatoren. Voor een grondige analyse van de CB'23 en andere bestaande meetmethoden wordt verwezen naar 'Hoofdstuk 4 – Bestaande meetmethoden voor circulariteit'.

3.1 Aandachtspunten circulariteitsindicatoren

Een aandachtspunt betrekking hebbende op het meetbaar maken van circulariteit is het feit dat er momenteel geen eenduidige circulariteitsindicator gevonden is. De gevolgen van deze ontbrekende eenduidigheid betreffen de volgende:

- Er is momenteel een 'mengelmoes' aan indicatoren. Op diverse abstractieniveaus en via verschillende strategieën. Dit maakt de indicatoren onduidelijk en vatbaar voor een onjuiste interpretatie;
- Verschillen per domein, sommige sectoren vergen een specifieke aanpak of unieke nuances. Dit bemoeilijkt een generieke indicator voor alle materiaalstromen;
- Maatwerk is nodig per materiaalstroom. Het uitsplitsen van materiaalstromen tot mono-stromen is noodzakelijk om tot een goede berekening te komen (al kan dat in de praktijk niet altijd haalbaar zijn). Sommige modellen komen op 1 circulariteitsscore uit. Bij aggregatie van stromen spelen vooral twee zaken:
 - Appels en peren' optellen. Een kilogram steen hergebruiken heeft een andere impact dan een kilogram edelmetaal hergebruiken. Een wegingsfactor is moeilijk te bepalen.
 - Zeer verschillende massa's van materiaalstromen zorgen voor scheve verhoudingen. Als alleen naar geaggregeerde data gekeken wordt maakt het weinig verschil wat er met het hout of glas gebeurt. Terwijl die stromen wel relevantie milieu-impact hebben (Wetenschapsagenda, 2020).

3.2 Mogelijke indicatoren voor circulariteit

Indicatoren die iets zeggen over materiaalgebruik/ -verbruik en daarmee over de mate van circulariteit, en waarmee grof op circulariteit gestuurd kan worden, betreffen de volgende:

1. **Massa% primaire grondstof;**
 - hoeveel en welke van de benodigde grondstoffen zijn van primaire oorsprong ('virgin materials'). Sturen op minimalisatie.
2. **Massa% secundaire grondstof;**
 - hoeveel en welke van de benodigde grondstoffen zijn van secundaire oorsprong (hergebruikt/gerecycled). Sturen op maximalisatie.
3. **Massa% naar stort;**
 - Hoeveel en welke materialen worden gestort tijdens het (renovatie)proces. Sturen op minimalisatie.
4. **Losmaakbaarheid van nieuw geplaatste onderdelen;**

- Sturen op losmaakbaarheids-strategieën voor nieuw geplaatste onderdelen.
- 5. **Aanwezigheid materiaalpaspoort.**
 - Vastleggen van de gebruikte materialen, inclusief eventuele zorgwekkende stoffen. Bijvoorbeeld via het format van CB'23.

Hierbij dient wel rekening te worden gehouden met de volgende zaken:

- **Er dient nagedacht te worden over de dis-balans in de vraag naar en het aanbod van secundaire materialen ter implementatie in projecten;**
- **Hoge kwaliteit en de juiste gedetailleerdheid van data (o.b.v. de indicator ter realisatie) is essentieel.**
 - Het advies is om eerst te focussen op grote materiaalstromen die goed te traceren zijn en te kijken wat er daar voor een materiaalwinst behaald kan worden. Het totaal opsplitsen naar steeds kleinere stromen is uiteindelijk noodzakelijk.
- Taalgebruik en definities zijn van groot belang. **Er dient eenduidigheid te zijn over de definities die onder circulariteit en de 10 R-ladder vallen.**
 - Eenduidigheid op de definities draagt bij aan de mate waarin circulaire strategieën met elkaar vergeleken kunnen worden.
 - Het lexicon van CB'23 kan helpen een gemeenschappelijke taal te spreken.
- **Er is kennis nodig van materialen over de gehele keten en levensduur.**
 - Dit is vaak niet voorhanden en moet dus ingeschat worden. Dit maakt de resultaten minder realistisch. Daarnaast scoort levensduurverlening goed voor de circulariteitsscores, maar is het onduidelijk hoe lang een component 'maximaal' mee kan gaan (Wetenschapsagenda, 2020).

3.2.1 CB'23 Meetmethode

CB'23 is een breed gedragen initiatief met belanghebbenden uit de brede bouwsector dat onder andere een uniforme meetmethode voor circulariteit in de bouw ontwikkelt. De toegepaste methodiek betreft acht circulariteitsindicatoren:

- 1.1 Hoeveelheid gebruik primair materiaal;
- 1.2 Hoeveelheid gebruikt secundair materiaal;
 - a. Uit hergebruik
 - b. Uit grondstoffen
- 1.3
 - a. Hoeveelheid gebruikt duurzaam geproduceerd hernieuwbaar materiaal;
 - b. Hoeveelheid gebruikt niet-hernieuwbaar of niet-duurzaam geproduceerd hernieuwbaar materiaal;
- 2.1 Hoeveelheid materiaal naar hergebruik;
- 2.2 Hoeveelheid materiaal naar recycling (Wetenschapsagenda, 2020).

Bevindingen CB'23 meetmethode

- Er is geen eenduidige circulariteits-score. Maar losse, minimalistische indicatoren;
- De uitkomsten sluiten logisch aan bij de input, maar zijn in eerste opslag niet heel duidelijk;
- Deze methode levert acht verschillende indicatoren aan. Dit levert niet direct een heel duidelijk overzicht. Indicatoren zijn heel basic;
- Getallen staan heel dicht tegen de data, daardoor is het makkelijk de data te verzamelen, over de uitkomst valt wat moeilijker te oordelen;

- Het is niet zo relevant om te kijken naar specifieke materialen en die in de berekening op te nemen;
- Opdelen in specifieke materiaalstromen is belangrijk, om oorzaken en nuances te vinden. Een kleine stroom is misschien niet direct zichtbaar bij het totaal, of erg miniem aanwezig, maar kan wel een belangrijk materiaal zijn. Het volume zegt niet alles over de waarde (economische, sociaal, etc.) van een product;
- Voor een duidelijk resultaat kan het goed zijn om per project bijvoorbeeld 2 of 3 van de meest relevante indicatoren weer te geven;
- Het heeft voor het algehele overzicht toegevoegde waarde om de circulaire scenario's ook te koppelen aan een R-waarde. Dat geeft overzicht. De stelregel daarbij is handig maar blijft vuistregel (hoger op ladder is beter) (Wetenschapsagenda, 2020).

3.3 Conclusie van de huidige stand

Voor het meten van circulariteit zijn er vooralsnog verschillende methodes op verschillende abstractieniveaus, en is per project maatwerk vereist. Dit maakt het lastig om eenduidig scenario's met elkaar te vergelijken.

Er zijn dus tal van indicatoren voor circulariteit maar de meesten houden wel rekening met de basics. Bijvoorbeeld door te kijken hoeveel %primaire materiaal/grondstof er gebruikt wordt (% massa primaire grondstoffen), en hoeveel %secundair of snel hernieuwbare grondstoffen. **Ook kan er gekeken worden naar hoeveel materiaal na de gebruiksfase gestort wordt en of (nieuwe) componenten makkelijk te hergebruiken en wat de losmaakbaarheid van de nieuwe componenten is. Naast materiele indicatoren kan ook gekeken worden naar bijvoorbeeld samenwerking in de keten, Spinners van cirkelstad, of er circulair aanbesteed wordt, en of er een materiaalpaspoort aanwezig is.**

Verder is er **een grote afhankelijkheid van de kwaliteit van de data**, en zijn er bij elke methode nog **schattingen nodig**. Bij methodes waarbij geaggregeerd wordt, zoals in een MCI (Madaster) en SSML score, zijn vaak meer aannames nodig omdat niet alle data beschikbaar is.

Kortom, er is nog geen eenduidige manier gevonden om circulariteit te meten. Maar er zijn al wel genoeg methoden die richting kunnen geven (Wetenschapsagenda, 2020)!

Hoofdstuk 4 - Bestaande meetmethoden voor circulariteit

Zoals geconstateerd in *‘Hoofdstuk 3 - Huidige stand voor het meetbaar maken van circulariteit.’* is er nog geen eenduidige manier gevonden om circulariteit te meten, maar zijn er al wel genoeg methoden die richting kunnen geven. Om deze reden worden in dit hoofdstuk bestaande methoden voor het meetbaar maken van circulariteit behandeld en toegelicht, zowel binnen de infrastructuur als daarbuiten. Hierbij ligt de nadruk op het in kaart brengen van de werking van de afzonderlijke methoden, inclusief hun toegevoegde waarde en verbeterpunten. Deze pluspunten en verbeterpunten dienen vervolgens voor het opstellen van relevante criteria ten behoeve van de ontwikkeling van een eenduidige meetmethode in de vorm van een tool genaamd Clnfra.

De relevante criteria ten behoeve van de ontwikkeling van de tool wordt uiteengezet in *‘Hoofdstuk 6 – Belangrijke aandachtspunten ter implementatie in de tool’*. Vervolgens wordt in *‘Hoofdstuk 7 – Prototype Clnfra’* toegelicht welk van deze aandachtspunten in de tool zijn verwerkt en op welke wijze. Voor verdere optimalisatie van de tool wordt in *‘Hoofdstuk 9 – Conclusie en aanbeveling’*, een aanbeveling gedaan betrekking hebbende op additionele aandachtspunten.

4.1 Circulaire Peiler

De Circulaire Peiler betreft een Excel-tool die circulaire prestaties vertaald naar een score. De peilstok gaat tot 100. Hoe meer maatregelen die de circulariteit vergroten, hoe hoger het peil. **De basis voor de tool zijn de acht circulaire ontwerpprincipes** van Rijkswaterstaat en Witteveen+Bos. **Aan deze circulaire ontwerpprincipes zijn prestaties gekoppeld die een score opleveren op basis van kwalitatieve en kwantitatieve beoordelingen** (Fimke Duursma, 2020).

Dit scoremodel is opgezet voor de beoordeling van de mate van circulariteit van dijken. Echter wordt de tool verder doorontwikkeld, waaronder tevens de wens ligt andere GWW-projecten te kunnen beoordelen (Fimke Duursma, 2020).

De Circulaire Peiler beoogt inzicht te geven hoe in projecten zuiniger en slimmer met grondstoffen, producten en diensten kan worden omgegaan (BV, 2020). **Hierbij dient de tool voor het vergelijken van alternatieven, evenals sturingsmiddel om de circulariteitsaspecten niet uit het oog te verliezen.**

Procesmatig dient circulariteit vanaf de initiatieffase, waar de eerste keuzes worden gemaakt die tevens een aandeel hebben in de bijdrage aan de circulaire economie, **tot en met de beheer en onderhoudsfase, regelmatig in beeld te zijn om vast te stellen of de juiste keuzes worden gemaakt.** Hiermee fungeert de Circulaire Peiler daarmee als peilstok voor circulariteit in projecten gedurende de hele cyclus van een project (BV, 2020).

4.1.1 De werking

De acht ontwerpprincipes

Zoals aangegeven vormen de acht ontwerpprincipes van Rijkswaterstaat en Witteveen+Bos de basis van de tool. De acht ontwerpprincipes zijn opgesteld met als doel te helpen bij het maken van ontwerpkeuzes. De tool biedt als het ware handvaten om op te sturen en om alternatieven onderling met elkaar te vergelijken. Het belang van de afzonderlijke principes kan per project en fase verschillen, per project gaat het om waar de grootste milieuwinst te behalen valt en welke principes het beste aansluiten (Rijkswaterstaat, 2020).

De acht ontwerpprincipes van het MIRT zijn verdeeld onder drie niveaus, namelijk: (1) Preventie, (2) Waardebehoud en (3) Waardecreatie (BV, 2020). Deze ontwerpprincipes zijn weergegeven in 'Figuur 1 De 8 Circulaire ontwerpprincipes van het MIRT'.

Kwalitatieve beoordeling ontwerpprincipe 1 t/m 6 en het 10-R model

De circulaire ontwerpprincipes 1 t/m 6 worden kwalitatief beoordeeld in de Circulaire Peiler. Dit betreffen de volgende ontwerpprincipes:

1. Voorkom dat er iets gebouwd wordt;
2. Verleng de levensduur van bestaande objecten of componenten;
3. Maak gebruik van dat wat er al is: materialen, grondstoffen en natuurlijke processen;
4. Ontwerp voor meerdere levenscycli;
5. Ontwerp toekomstbestendig;
6. Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud.

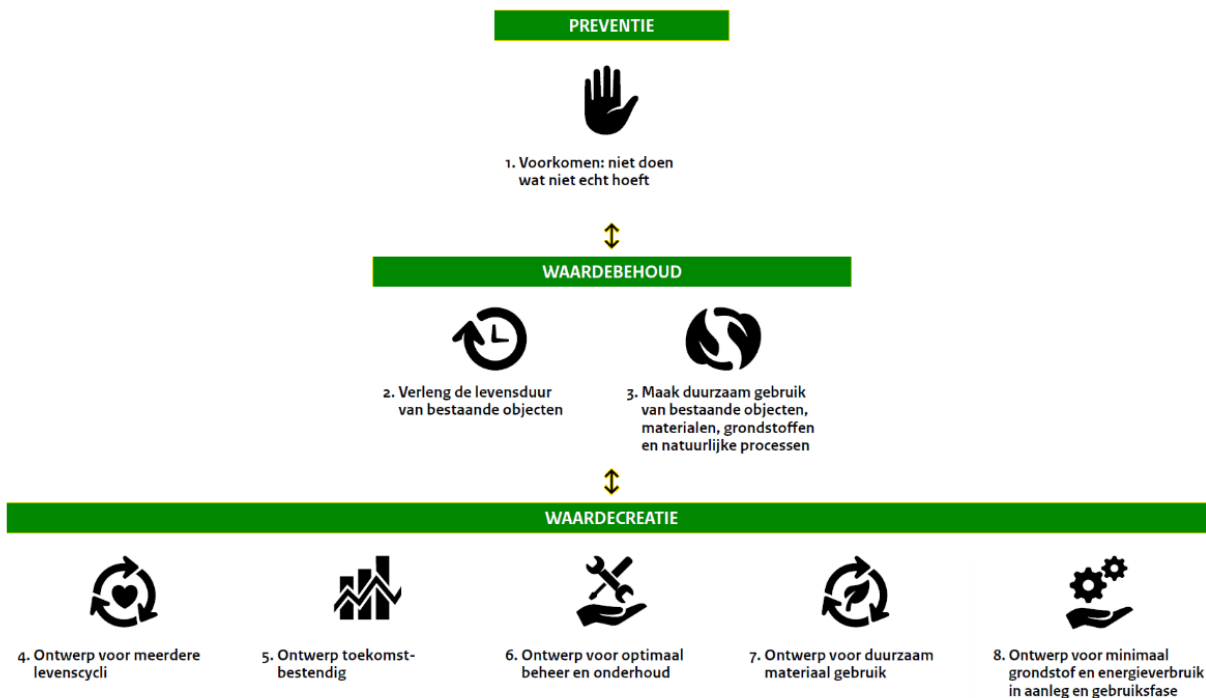
Daarnaast wordt met enige regelmaat een beoordeling van circulariteit van een prestatie (kwalitatief) verlangd op basis van het 10-R model van Cramer. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de 10-R ladder waarbij 1 en het hoogste en 10 het laagste scoort (BV, 2020).

Kwantitatieve beoordeling ontwerpprincipe 7 en 8

Voor het berekenen van de milieu impact en circulariteit van de ontwerpprincipes (7) Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik en (8) Ontwerp voor minimaal grondstof- en energiegebruik in de aanleg en gebruiksfase, wordt een MKI-berekening met het instrument DuboCalc. Hierbij wordt gebruik gemaakt van MKI-kengetallen op basis van MKI-bouwstenen of formele MKI-berekeningen.

Voor beoordeling van de Circulariteit mag als alternatief worden ingestoken op de Kernmethode voor het meten van circulariteit in de bouw. MCI-berekeningen mogen daarnaast worden gemaakt op basis van de methode EllenMcArthur Foundation of Madaster. De CO₂ uitstoot voor materialen wordt berekend met DuboCalc. Indien van toepassing kan duurzame energiewinning worden afgetrokken van de berekende CO₂ belasting.

De Circulaire Peiler werkt voor de beoordeling van de MKI en CO₂-uitstoot met een referentieprofiel waarmee het eigen project wordt vergeleken. Dit referentieprofiel is een 'traditioneel alternatief'. Voor de beoordeling van de MKI prestatie wordt hierbij de MKI van het alternatief gedeeld door de MKI van het referentieprofiel en vermenigvuldigd met 100%. Voor het bepalen van de CO₂-uitstoot geldt dezelfde benadering. Echter is er tot op heden nog geen algemene bepalingsmethode voor bepaling van een referentieniveau voor projecten. Dit maakt onderdeel uit van het vervolgonderzoek (BV, 2020).



Figuur 1 De 8 Circulaire ontwerpprincipes van het MIRT (Witteveen+Bos).

Weging op basis van het Multi criteria principe

De basis van de Circulaire Peiler is een Multi Criteria Analyse (MCA), waarbij circulaire doelstellingen worden gewogen. **Per ontwerpprincipe uit het MIRT zijn doelstellingen opgesteld** die in de tool worden gewogen. **Elke doelstelling krijgt een wegingsfactor.** De som van alle doelstellingen is 100%. **De weging is afhankelijk van het relatieve belang van een beoordelingsonderdeel in die fase van het ontwikkelingsproces.** *Aangezien per fase waarin het project verkeert bepaalde ontwerpprincipes meer of minder aan de orde zijn kan de verhouding van de wegingsfactoren verschillen.*

De doelstellingen zijn vervolgens vertaald in prestaties. Per prestatie zijn maximaal 100 punten te verdienen. Hoe hoger de prestatie hoe meer punten. Per doelstelling zijn er maximaal 5 prestatieniveaus. De prestaties worden vervolgens vermenigvuldigd met de wegingsfactor. De som van de gewogen waarde per doelstelling is de circulaire prestatie van het project. Deze bereikte prestatie volgens de Circulaire Peiler (CP) uitgedrukt in een indexgetal (I) dat ligt tussen CPI=0 tot CPI=100.

Voor Specifieke – innovatieve - oplossingen waarin de Circulaire Peiler niet voorziet, kunnen maximaal 10 punten bonus worden gewaardeerd. De bonus is per project te waarderen. In theorie is dus een CPI van 110 haalbaar. **Bij een CPI van 100 (110) kan worden gesteld dat de ontwikkeling bij benadering voldoet aan het circulaire ambitieniveau 2030 van de overheid.**

Om vervolgens op basis van de verzamelde en ingevulde gegevens inzicht te krijgen in de verbetermogelijkheden wordt een staaf- en cirkeldiagram opgesteld (BV, 2020). Zie voor een voorbeeld 'Bijlage 3 – Illustratie beoordeling alternatieven'.

4.1.2 Voordelen en verbeterpunten

Het beoordelen van infrastructurele projecten op basis van de Circulaire Peiler (tot op heden enkel inzetbaar voor de beoordeling van dijken) kent een aantal voordelen evenals verbeterpunten. Deze worden hieronder opgesomd en waar nodig toegelicht.

Voordelen

- + Alternatieven worden op dezelfde wijze vergeleken;
- + De methode geeft transparantie en onderbouwing van de beoordeling;
- + De methode maakt duidelijk aan degene die ontwerpt/proces stuurt wat wordt verwacht;
- + De methode maakt beoordeling van verschillende aspecten van duurzaamheid en aspecten met een multidisciplinair karakter mogelijk.

Verbeterpunten

- De systematiek vraagt eigenlijk om de mate van het belang van beoordelingsaspecten te kunnen wegen;
- Het is wenselijk om de methodiek tevens bruikbaar te maken voor volgende fasen in het ontwikkelingsproces;
- In plaats van een vergelijking tussen de alternatieven is het tevens wenselijk een referentiesituatie te ontwikkelen om verschillende ontwerpen goed met elkaar te kunnen vergelijken;
Er is nog geen algemene bepalingmethode voor bepaling van een referentieniveau voor projecten.
- Het maken van de MKI berekeningen met DuboCalc zijn arbeidsintensief en foutgevoelig.
- Het is daarnaast wenselijk om een meer analytische aanpak te handhaven, waarbij elk criterium wordt gescoord en een eindbeoordeling in een één-getalswaarde mogelijk wordt (BV, 2020).

De tool VHCO versie 7.0 is de zevende versie van de VHCO tool die door Holland Circulair Hotspot is opgesteld. Holland Circulair Hotspot is een prive-publiek platform die in samenwerking met lokale overheden en wordt gesponsord door TNO (Holland Circulair Hotspot, 2021). De tool die door hun is ontwikkeld is een overzicht van diverse tools om zowel producten en organisaties te meten op circulariteit. Deze tool bevat 17 tools om toe te kunnen passen. Met diverse pictogrammen wordt weergegeven waar de tool geschikt voor is. Indien een tool interessant gevonden wordt kan er op geklikt worden om zo doorgelinkt te worden naar een korte uitleg over deze tool.

4.2 IMPACT methode TNO

De IMPACT methode TNO staat voor “Intergrated Method of sustainable Product Assessment for Circular Transition” (Ernes, 2021). Deze methode is een hulpmiddel voor producenten van producten in diverse sectoren. Dit hulpmiddel geeft met cijfers weer welke aanpassingen in de realisatie van de producten m.b.t. grondstoffen weer wat de impact is op mens, milieu en economie. Op deze manier worden er minder grondstoffen toegepast in nieuwe producten.

4.2.1 De werking

De circulaire economie is nog onvoldoende verankerd in bestaande analyses, zoals de levenscyclusanalyse (LCA), die gericht zijn op het beoordelen van de milieubelasting. De effectbeoordelingscriteria zijn in ontwikkeling en dienen toepasbaar te worden gemaakt op de vier R's: verminderen, recycleren, hergebruiken en herfabriceren. Door dit te realiseren maakt TNO het mogelijk om variabelen als de CO₂-uitstoot en de milieukostenindicator (MKI)-waarde te berekenen en inzicht te geven in de gevolgen van keuzes voor de toekomst. (Ommen, sd)

4.2.2 Voordelen en verbeterpunten

De Impact methode is op het eerste oog geen geschikte tool om circulariteit te meten binnen de GWW. Echter heeft de tool potentie op het gebied van stimulatie bij te dragen binnen de GWW.

De weg naar een circulaire economie gaat naast het meten van circulariteit over het stimuleren van hergebruik. Voor de infrastructuur is dit een enorme uitdaging. Binnen deze sector kennen de projecten een levensduur van 80 jaar of zelfs langer, daarnaast is tevens het onderscheid tussen upcycling en downcycling een uitdaging. Asphalt kan in de top laag met een hoge kwaliteit worden hergebruikt, maar het kan ook met een lage kwaliteit als puin in de fundering worden gebruikt. (Ommen, sd)

4.3 Circularity check van Ecopreneur

Ecopreneur is een belangenbehartiging voor een duurzame economie (Ecopreneur.eu, 2021) en heeft een circularity check ontwikkeld. Deze check bestaat uit 60 vragen die een uiteindelijke circulariteitsscore aan een product of dienst geeft. Deze score wordt weergegeven in een percentage, hoe hoger het percentage hoe hoger de mate van circulariteit. De tool is voornamelijk bedoeld om op basis van een product, een bedrijf een zelfevaluatie uit te laten voeren. Het gaat hierbij voornamelijk over de productieketen. Hierdoor worden bedrijven gestimuleerd om duurzamer/meer circulair te gaan werken. Deze tool kan de behoefte om bedrijven te stimuleren meer circulair te gaan werken maar biedt niet de inhoud om vorm te geven aan de CPI (Ecopreneur, 2021).

4.4 Circularity Calculator

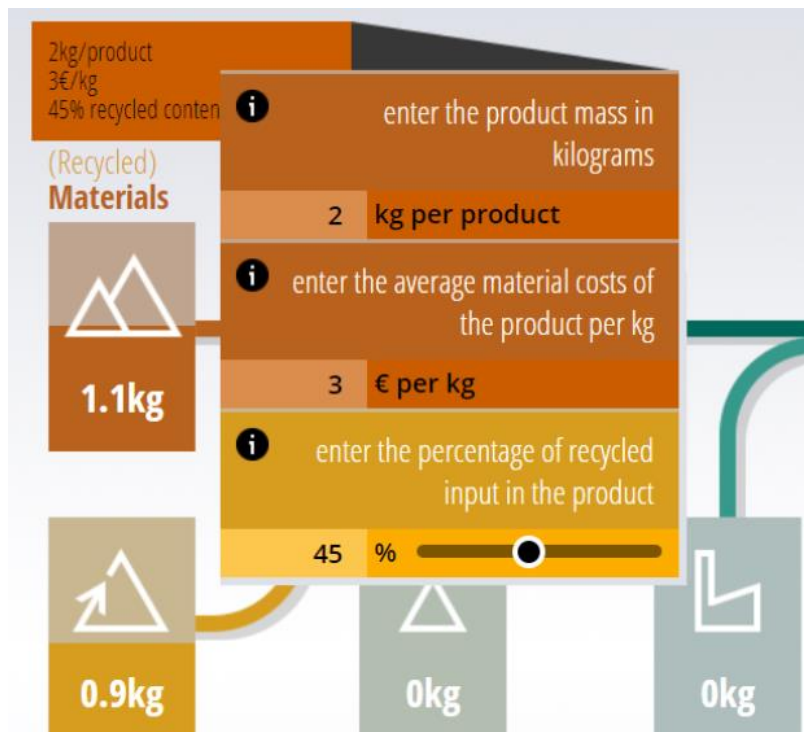
Circularity Calculator, Circulariteitscheck, is een tool om te meten hoe circulair een product is. Deze tool is met name inzetbaar voor producten die in een mate al circulaire eigenschappen bevatten. Het invullen van de tool is erg laagdrempelig, doordat er enkel bepaalde vragen beantwoord dienen te worden en geen berekeningen door de evaluator gemaakt dienen te worden. De werking van de Circularity Calculator wordt hieronder toegelicht.

4.4.1 De werking

De Circulariteitscheck is een zelfevaluatietool waarbij geen externe verificatie aan te pas komt. De Checklist bestaat uit een gratis vragenlijst van ongeveer 60 vragen die online ingevuld wordt. Het doel van de tool is het bepalen van de mate van circulariteit van een product of dienst.

Vooraf aan de check wordt het product of dienst eerst geanalyseerd op de gebruikte circulaire economie-aspecten, deze resultaten dienen vervolgens als uitgangspunt voor de Circulariteitcheck. Voor elk circulaire economie aspect dat in het product of de dienst wordt toegepast, worden scores behaald. Hoe hoger de scores, hoe beter.

Het eindresultaat is een totale score op circulariteit (0-100%) en een deelscores op 5 indicatoren (0-100%) die de algehele sterke en zwakke punten voor het product of de dienst weergeven. De 5 indicatoren zijn ontwerp/inkoop/productie, levering, gebruik, terugwinning en duurzaamheid. De tool berekent de score en geeft deze weer in een paar grafieken, zoals te zien in 'Figuur 2 Circularity Calculator'. Een bijkomend voordeel bij de grafiek is de inzage in hoe de score zou verbeteren wanneer het desbetreffende bedrijf bepaalde maatregelen zou nemen. Daarmee is de checklist met name nuttig voor zelfevaluatie door bedrijven – zowel KMO's als multinationals. (Ecopreneur.eu, sd) (European Circular Economy Stakeholder Platform, sd)



Figuur 2 Circularity Calculator (Ecopreneur, 2021)

4.5 Madaster circularity

Het Madaster Platform biedt gebruikers een tijdbesparende opslagplaats voor gebouwen, materialen en productdata en faciliteert circulair management met behulp van de Madaster Circularity Indicator. Het doel van de Madaster Circularity Indicator is het verbeteren van de circulaire waarde van gebouwen evenals op het verbeteren van circulair gericht gebouwonwerp. (Madaster, 2021)

Hoe de Madaster Circularity Indicator precies in werking treedt wordt hieronder toegelicht.

4.5.1 De werking

De Madaster Circularity Indicator geeft scores voor de circulariteit voor gebouwen weer in de vorm van een percentage. Hierbij is de score opgebouwd uit de beoordeling van drie fases, deze betreffen de volgende:

1. Uitvoeringsfase;
2. Gebruiksfase;
3. "End-of-life" fase.

De beoordeling vindt plaats op basis van materiaal specificaties uit het materialen paspoort. Het materialen paspoort bevat informatie over de kwaliteit, herkomst en locatie van materialen en producten en geeft inzicht in de materiële, circulaire en financiële (rest)waarde van een gebouw (Madaster, 2022).

Het materialen paspoort wordt in de Madaster Circularity Indicator ingezet ter definiëring van de toegepaste materialen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen grondstoffen en gerecyclede materialen. Wat bij de gerecyclede materialen ook van belang is, is de efficiëntie van het recycle proces.

Gedurende de uitvoeringsfase wordt naast het analyseren van de toegepaste materialen tevens gekeken naar de afvalstromen tijdens de uitvoering. In de gebruiksfase wordt gekeken naar de levensduur van de materialen. In de End-of-life fase wordt gekeken naar de toepasbaarheid van materialen aan het einde van de levensduur van het product, onderdeel hiervan is de recyclebaarheid (Madaster Service B.V., 2021).

4.5.2 Voordelen en verbeterpunten

Madaster is continu de Madaster CI-score aan het door ontwikkelen. Dit heeft als doel als partij een leidende rol in het ontwikkelen en leveren van methodieken voor het meten van circulariteit te bewerkstelligen en behouden.

Om dit te bewerkstelligen zijn er enkelen verbeterpunten voor de Madaster CI-score. Deze worden hieronder opgesomd; (Madaster, 2021)

- Om de input van het Madaster platform en om de betrouwbaarheid te vergroten dienen links naar externe databases met betrouwbare gegevens gelegd te worden. Bij voorkeur van de leveranciers zelf.
- Ten behoeve van uniformiteit dient een 'Circularity BIM Information Development Manual' (IDM) met richtlijnen en vaste regels voor de implementatie van IFC-bestanden te worden toegepast.

4.6 PRP® ReNtry

PRP ReNtry is een methode voor het meten van circulariteit van een product, project of werk in de vorm van een meetlat. Deze PRP ReNtry is geschikt voor organisaties, leveranciers en producten bij het circulair ontwikkelen van producten, projecten werken en processen. Dit heeft onder andere te maken met de grote database van de PRP®-Tool waar alle bestanden met betrekking tot de score van verschillende producten, projecten of werken in worden opgeslagen, waardoor deze eenvoudig kunnen worden opgevraagd ter analyse of benchmarking. (Rendemint, 2021)

4.6.1 De werking

De PRP®-Tool betreft, zoals eerder aangegeven, een meetlat. De meetlat bestaat uit een drietal etappes. Dit betreffen de volgende drie:

1. Het eindresultaat;
2. Het toegepaste materiaal;
3. De grondstoffen.

In alle etappes wordt een analyse van het eindresultaat, de materialen of de grondstoffen van een product, project of werk uitgevoerd. De meting vindt plaats op basis van het gewicht van het eindproduct en/of van het eindresultaat, project of werk (Rendemint, 2021). Op deze wijze wordt gewerkt naar een circulair potentieel.

4.6.2 Voordelen en verbeterpunten

Middels de PRP ReNtry wordt het circulaire potentieel inzichtelijk gemaakt. Dit middels het beeld brengen van de kansen met betrekking tot het circulair maken van een product, dienst of werk. De methode maakt het mogelijk het hoogst haalbare niveau van hergebruik op het daadwerkelijke moment van hergebruik te vergelijken met het niveau op het moment van inkoop. Daarmee wordt de meest geschikte technologie ingezet dat borg staat voor optimaal behoud van grondstoffen en is een zuivere meting van het goed rentmeesterschap van een organisatie die op de kg nauwkeurig kan aangeven hoeveel grondstof er daadwerkelijk behouden is als direct gevolg van hun inkoopmethode. In hoeverre deze methode aan een meetlat voldoet is niet bekend.

4.7 CIRCelligence by BCG

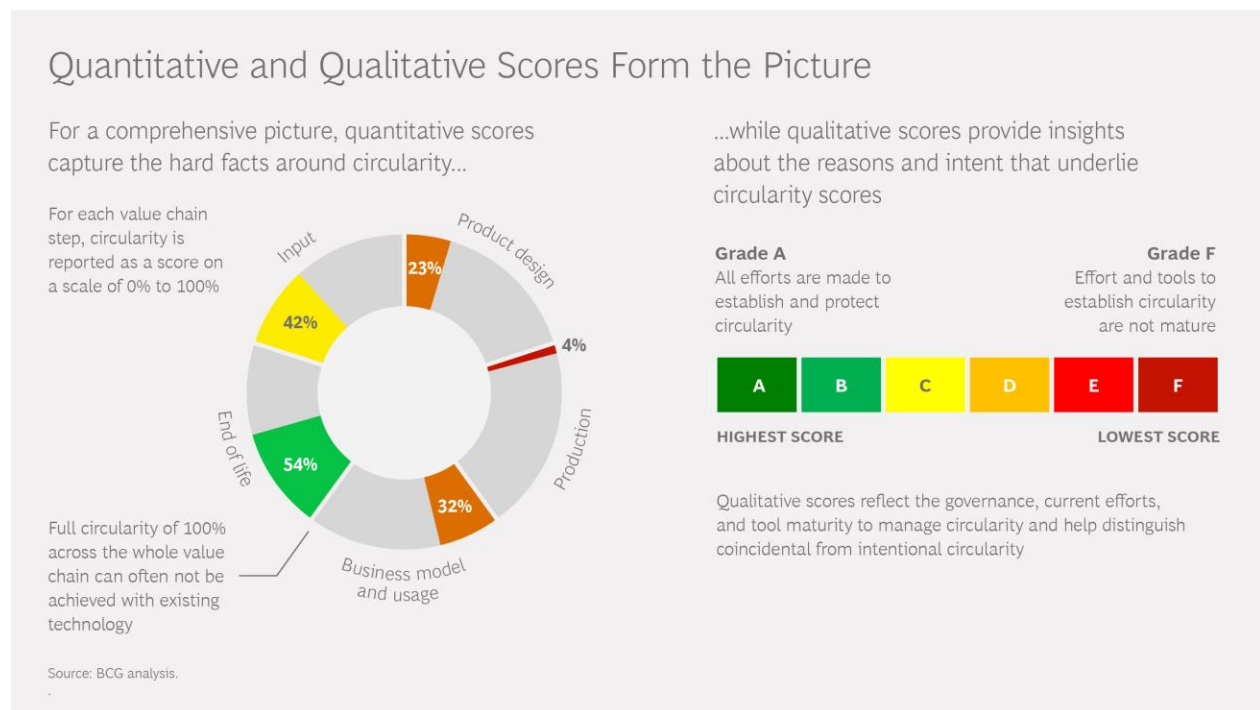
CIRCelligence van BCG is een raamwerk en tools om organisaties te helpen richting het worden van een circulair bedrijf, waardoor de omzetgroei wordt gestimuleerd, de efficiëntie wordt verbeterd en innovatie wordt ontketend. Met CIRCelligence kunnen de materiaalstromen en waarde-stromen in het netwerk waarin een bedrijf zich bevindt worden geanalyseerd, en vult deze aan met kwalitatieve data om verandering mogelijk te maken. (BCG, 2019)

4.7.1 De werking

Het CIRCelligence raamwerk en tool heeft een driedelige aanpak, deze betreffen de volgende drie aspecten:

- **Het creëren van transparantie;**
Middels het inzichtelijk maken van de stromen binnen het bedrijf evenals de sterke en zwakke punten wordt transparantie gecreëerd.
- **Ontwikkelen van een actieplan;**
Door de zwaktes inzichtelijk te maken kan een concreet actieplan worden opgesteld met als doel deze zwaktes aan te pakken.
- **Implementeren van circulaire initiatieven**
Door het implementeren van circulaire initiatieven worden de circulaire doelen bereikt. Tegelijkertijd moeten KPI's worden gedefinieerd en doelen worden opgesteld om het succes van circulaire initiatieven met hoge prioriteit te volgen en de voortgang ervan te communiceren met belanghebbenden.

Voor ieder aspect wordt een score gegeven. Deze score heeft een waarde van A tot en met F, waarbij A de meest en F de minst circulaire ontwikkeling betreffen zie *Figuur 3 - Werking CIRCelligence* (BCG, 2019).



Figuur 3 Werking CIRCelligence (BCG, 2019)

4.7.2 Voordelen

Het gebruik van het CIRcelligence raamwerk/ tool als organisatie biedt meerdere voordelen. Deze worden hieronder opgesomd en toegelicht: (BCG, 2019)

- **Creëren van een verhoogde omzet;**
CIRcelligence identificeert circulaire activiteiten met positieve businesscases die bedrijven kunnen helpen nieuwe markten te bereiken, nieuwe marktsegmenten te bereiken en hun marktaandeel te vergroten.
- **Sterkere klantrelaties;**
CIRcelligence suggereert manieren voor bedrijven om hun businessmodellen meer circulair te maken. Dergelijke circulariteit brengt vaak meer klantinteractie met zich mee, wat een schat aan data genereert die bedrijven kunnen gebruiken om hun klantrelaties te versterken.
- **Verbeterde interne efficiëntie en verminderde risico's;**
Door kansen te identificeren om minder middelen te gebruiken, evenals strategieën om die middelen meerdere keren te laten circuleren, helpt CIRcelligence bedrijven de operationele efficiëntie te verbeteren en hun blootstelling aan lange, kwetsbare toeleveringsketens te verminderen.
- **Voorblijven op de regelgevende curve.**
De Europese Commissie heeft al haar tweede actieplan voor de circulaire economie uitgebracht. CIRcelligence stelt bedrijven in staat hun circulaire ambities te kwantificeren en een actieve rol te spelen als early movers bij de ontwikkeling van regelgeving en oplossingen voor de circulaire economie.

4.8 The C-indicators Advisor – Circular Potential Indicator (CPI)

De CPI tool is een QuickScan ten behoeve van het in kaart brengen van het circulaire potentieel van industriële producten tijdens de ontwerp- en ontwikkelfase. (circularitycalculator, 2021). Het is een snel te gebruiken tool en kijkt naar de volgende onderwerpen:

- Circulair product design;
- Nieuwe business modellen;
- Omgekeerde cycli;
- Gunstige systeemomstandigheden.

4.8.1 De werking

Zoals aangegeven betreft de CPI tool een QuickScan. Hierbij worden voor bovenstaande onderwerpen scores gegeven. Deze scores variëren van Easy, Medium en Hard. (circularitycalculator, 2021)

4.8.2 Voordelen en verbeterpunten

De QuickScan van de CPI tool, ten behoeve van het bepalen van het circulaire potentieel van industriële producten, kent een aantal verbeterpunten, maar ook een voordeel. Deze worden hieronder behandeld en toegelicht.

- + De tool is erg gebruiksvriendelijk. Dit uit zich in de eenvoudig en begrijpelijke toepassing, evenals de tijdsefficiëntie van de praktische berekeningen van de circulariteitsscore.
- Zowel door het gebrek aan duidelijkheid van bepaalde vragen als het gebrek aan kennis over het technische product zijn sommige mogelijk in te vullen antwoorden **te subjectief voor de interpretatie en achtergrond van de gebruiker** (bijv. "gemakkelijk", "moeilijk", "goedkoop", "duur"). Dit veroorzaakt variabiliteit in de resultaten.
- **Economische aspecten** zoals bijvoorbeeld de kosten van logistiek en end-of-life behandeling in vergelijking met de intrinsieke waarde van materialen, **worden niet direct in aanmerking genomen**. Een ontbrekend punt is dan ook de vergelijking tussen de kosten van recycling activiteiten, plus de waarde van secundaire materialen tegen de kosten van nieuw materiaal, plus de waarde van primaire materialen.
- **Ook de locatie en het vervoer van de producten, evenals de bedrijfsmodellen die aan het product zijn gekoppeld, zijn punten die gering worden behandeld binnen de CPI**. Het vastleggen van extra tijdelijke en ruimtelijke elementen kan de relevantie van de resultaten van de CPI verbeteren.

Circularity Performance Indicator <i>Unlock the Circularity Potential of your Product</i>		Circularity Score of the Product = (out of 100)	0.00
BB#1 - Circular Product Design (sub-score / 25)			0.00
ATT#1 - Materials selection and combination compatibility (sub-score / 5)			0.00
Number of different materials	Select Answer ▼		
Technical recyclability of materials combination	Select Answer ▼		
Material contamination (coating, paints, and material mixing)	Select Answer ▼		
ATT#2 - Modular product design, adaptability and flexibility			0.00
Is the product contained standardised components	Select Answer ▼		
Has the product being design with a modular mindset	Select Answer ▼		
ATT#3 - Design for disassembly and easy end-of-life sorting			0.00
Handling and manoeuvrability of the product (for a single user)	Select Answer ▼		
Number of different distinct components (regarding the size of the product)	Select Answer ▼		
Joints and connections numbers (regarding the size and number of components)	Select Answer ▼		
Joints and connections types	Select Answer ▼		
Joints and connections accessibility	Select Answer ▼		
Disassembly cost and time (regarding value of the product)	Select Answer ▼		
Tools required for disassembly	Select Answer ▼		
ATT#4 - Design for upgradability			0.00
Possible options of upgradability	Select Answer ▼		
ATT#5 - Design for maintainability and longevity			0.00
Wear and tear indicator or information	Select Answer ▼		
Possibility of maintenance and repair	Select Answer ▼		
Accessibility, visibility, reachability and identifiability of key components	Select Answer ▼		

Figuur 4 CPI over product ontwerp (circularitycalculator, 2021)

4.9 Global Sustainable Enterprise (GSES)

Het GSES systeem is een wereldwijde standaard, een systeem dat bedrijven en organisaties meet op duurzaam en circulair ondernemen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van Blockchain techniek. GSES brengt de circulaire voetafdruk van een product, productieproces of keten in kaart als onderdeel van de totale duurzaamheidsprestatie. Het is een certificaat dat is opgebouwd uit drie pilaren:

- Circulaire voetprint;
- Omgeving en milieu voetprint;
- Gezondheid voetprint.

4.9.1 De werking

De GSES methodiek wordt ondersteund door het online GSES platform. Op dit platform hebben organisaties een eigen Sustainability Dashboard en kunnen zij online assessments doen en validaties/ externe audits aanvragen of toeleveranciers uitnodigen om het GSES assessment in te vullen. Het doel is om hele ketens te verduurzamen. (Duurzaamheid.nl, sd)

De circulaire voetprint is gefocust op de circulaire prestaties. De calculatie methode die wordt toegepast is gebaseerd op materiaal gebruik (input) en het recyclen na het einde van de levensduur. De calculator houdt geen rekening met de toepassing van de materialen, enkel met de hoeveelheid die wordt toegepast. (GSE, 2021)

4.9.2 Voordelen

Een groot voordeel van de GSES methodiek, ten opzichte van andere duurzaamheidscertificeringen en - labels voor het bepalen van de duurzaamheidsinzet van een onderneming, is dat het een metastandaard betreft. Dit houdt in dat het alle duurzaamheidscertificeringen en -labels combineert in één troef die de inzet voor duurzaamheid voor het desbetreffende bedrijf bewijst. Hierdoor ontstaat geen verwarring meer door de veelheid van de duurzaamheidscertificeringen en labels tijdens het zaken doen. (GSE, 2021)

4.10 Alba Concepts Building Circularity Index

Alba Concepts heeft de Building Circularity Index (BCI) gecreëerd. Dit is een wetenschappelijk onderbouwde en in de praktijk beproefde methode om de circulariteit van een vastgoedobject vast te stellen. Bij het bepalen van deze index wordt uitgegaan van twee componenten die het circulariteitsbegrip inhoud geven. Dit in tegenstelling tot andere circulaire economie filosofieën, waarbij enkel het begrip material wordt onderbouwd. Zij maken net als Madaster gebruik van het materialen paspoort. Madaster en Alba Concepts hebben daarom samen deze tool ontwikkeld. Hiermee is de BCI ook toepasbaar in combinatie met Madaster. (Alba Concepts, 2021)

4.10.1 De werking

Om van een onderdeel een score over de circulariteit te geven is vaak wel te doen. Maar om van een heel gebouw of ontwikkeling een score te geven is lastig. Daarom heeft Alba Concepts een soort overtreffende trap gemaakt. Ze maken gebruik van de Product Circularity Index (CPI) wat een los product scoort op herkomst materiaal, afval, levensduur en de verbinding. Sommige elementen bestaan uit meerdere producten daarvoor is de Element Circularity Index opgesteld (ECI). "een element is een clustering van producten die onlosmaakbaar met elkaar verbonden zijn. Pas op het moment dat een verbinding los maakbaar is en de schade beperkt blijft, eindigt de clustering en vormt het een element." (Alba Concepts, 2021). De overtreffende trap die Alba Concepts heeft ontwikkeld is de BCI en deze bestaat uit een combinatie van elementen.

4.11 Ambitieweb

Het Ambitieweb is een visuele weergave van 12 duurzaamheidsthema's en de daaraan gekoppelde ambitieniveaus voor GWW projecten. Het Ambitieweb is interactief, doordat middels het invullen van de gewenste ambitieniveaus in Excel het gevulde Ambitieweb ontstaat. Het doel van deze ambitieniveaus is het bieden van handvaten om duurzaamheidseisen op te stellen.

Daarnaast is het Ambitieweb in te zetten voor een aantal andere doeleinden, deze worden hieronder toegelicht.

- Als communicatiemiddel – Binnen het projectteam maar ook richting bijvoorbeeld bewoners op een voorlichtingsbijeenkomst;
- Een brainstormillustratie voor politici - door het abstractieniveau zonder technische keuzes en/of exacte omschrijvingen vormt het een verantwoording van gekozen ambities en een samenvatting van gevoerde discussies;
- Een middel om focus mee aan te geven aan derden – waaronder aan adviesbureaus, aannemers, leveranciers, etc. (Duurzaamgww, www.duurzaamgww.nl, 2021).

4.11.1 De werking

Het Ambitieweb wordt bij aanvang van een project, wanneer het projectteam van start gaat, ingevuld. Het proces van opstellen kent vier stappen. Deze stappen worden hieronder toegelicht, evenals de 12 duurzaamheidsthema's waaraan per thema een niveau en doelstelling worden gekoppeld.

De 12 duurzaamheidsthema's

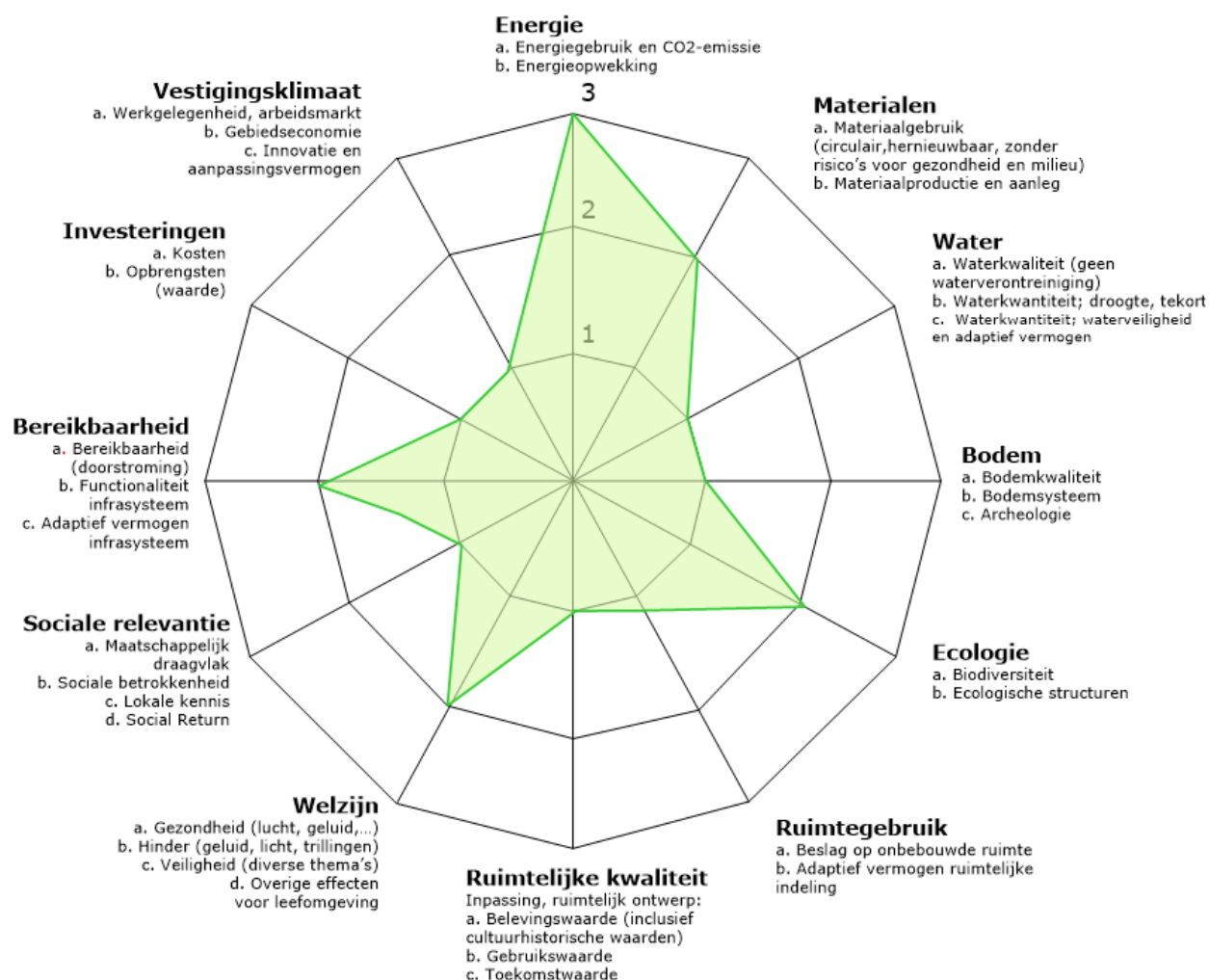
1. **Energie** – Het thema energie heeft betrekking op het energiegebruik in de verschillende levensfasen van een object of systeem, van aanleg tot en met sloop en op de CO2-emissie die daarmee gepaard gaat.
2. **Materialen** - Het thema materialen gaat over het minimaliseren van materiaalgebruik en negatieve milieueffecten voortvloeiend uit het materiaalgebruik. De term 'circulaire economie' is een belangrijk thema op het gebied van duurzaam materiaalgebruik. Circulair materiaalgebruik draait om het sluiten van materiaalketens. Daarnaast speelt het voorkomen van de afwenteling door slechte arbeidsomstandigheden en milieuschade bij de productie en verwerking van materialen en grondstoffen ten behoeve van aanleg en onderhoud een belangrijk rol.
3. **Water** – Het thema water gaat over het borgen van de waterkwaliteit en de waterkwantiteit (duurzaam waterbeheer). De verandering van het klimaat zal zorgen voor meer extremen in neerslag en droogte.
4. **Bodem** - Duurzaam omgaan met de bodem betekent het blijvend behouden van de bodemfunctie voor de inzet van belangrijke functies zoals ecologie en voedsel.
5. **Ecologie & Biodiversiteit** - Ecologie en biodiversiteit hebben betrekking op de samenhang in de leefruimte van de aanwezige verschillende soorten planten en dieren.
6. **Ruimtegebruik** - Het thema ruimtegebruik heeft betrekking op de beslaglegging op onbebouwde ruimte vanuit een project.
7. **Ruimtelijke kwaliteit** – Ruimtelijke kwaliteit heeft betrekking op de belevingswaarde, gebruikswaarde en toekomstwaarde vanuit het ruimtegebruik van onze infrastructuur.
8. **Welzijn** - Welzijn heeft betrekking op de (fysieke en mentale) gezondheid en veiligheid van alle gebruikers, omwonenden, bezoekers en werknemers van een systeem. Dit valt onder te verdelen

- in gezondheidsbescherming (o.a. lucht, geluid en licht), waarborgen van de veiligheid en het voorkomen van hinder, zowel tijdens de uitvoering van het project als in de eindsituatie.
9. **Sociale relevantie** - Sociale relevantie heeft betrekking op het sociaal welzijn van gebruikers en omwonenden van een project.
 10. **Bereikbaarheid** – Bereikbaarheid gaat over de mogelijkheden die personen hebben om zich te verplaatsen naar bestemmingen om aan activiteiten deel te nemen, via de verschillende (vervoers-) modaliteiten, met zo min mogelijk weerstand (tijd, geld, moeite).
 11. **Investeringskosten** - Het thema Investeringskosten heeft betrekking op alle kosten en opbrengsten (waarde) die samenhangen met een project. Niet alleen de investeringskosten, maar de Total Costs of Ownership (TCO, alle kosten en baten voor de aanleg en het gebruik gedurende de levenscyclus) van een project zijn van belang.
 12. **Vestigingsklimaat** - Vestigingsklimaat heeft betrekking op enerzijds de bedrijvigheid in een gebied en anderzijds op de economische vitaliteit van de bevolking. Beide dragen bij aan een duurzame (lokale) economie (Duurzaam GWW, Gebruik van het Ambitieweb in de Aanpak Duurzaam GWW, 2021).

De vier stappen tot het Ambitieweb

1. **Bepaal het gewenste ambitieniveau per thema;**
*Het projectteam onder leiding van de opdrachtgever, projectleider of -manager bepaalt voor welk thema welk ambitieniveau nagestreefd zal worden.
Het duurzaamheidsbeleid van de opdracht gevende organisatie is leidend voor de projectdoelstellingen. Bij voorkeur sluit het project aan op de strategie van de organisatie om de doelstellingen waar te maken. Daarnaast is de context, projectspecificaties, van belang bij het bepalen van de ambities.*
2. **Ga na wat de consequenties zijn van de gewenste niveaus per thema;**
De consequenties worden bepaald op basis van de toelichtingen op het Ambitieweb. De consequenties hebben betrekking op de haalbaarheid, winst mogelijkheden per thema, aansluiting op de ambitie van de organisatie, technische realisatiemogelijkheden en tegenstrijdigheden. Eventueel dienen na het analyseren van de consequenties bijstelling plaats te vinden van bepaalde niveaus behorende bij de thema's.
3. **Vertaal de niveaus naar prestatie-indicatoren (concrete doelstellingen);**
Gewenst zijn prestatie-indicatoren van kwantitatieve aard. Is dit niet mogelijk of wenselijk, dan kunnen kwalitatieve prestatie-indicatoren gebruikt worden. Streef hierbij altijd naar een life cycle benadering. De toelichting per thema geeft aan welke indicatoren kunnen worden gebruikt. In een vroege fase kan volstaan worden met een globale doelstelling, richting aanbesteding zullen de indicatoren moeten worden uitgewerkt naar concrete eisen en/ of (gunnings-)criteria.
4. **Leg voor het project vast wat per thema het niveau en de doelstelling zijn;**
Leg hierbij tevens de voorgaande stappen schriftelijke vast.

Na het doorlopen van de vier stappen is het afwegingskader van het specifieke project vastgelegd. Hierop zijn projectbesluiten te beoordelen (DuurzaamGWW, Gebruik van het Ambitieweb in de Aanpak Duurzaam GWW, 2021). Van een casus project wordt het Ambitieweb geïllustreerd in 'Figuur 5 Voorbeeld Ambitieweb'.



Figuur 5 Voorbeeld Ambitieweb

4.11.2 Voordelen en aandachtspunten

Het vaststellen van het gewenste ambitieniveau voor de 12 duurzaamheidsthema's kent een aantal voordelen en tevens aandachtspunten. Deze worden hieronder toegelicht.

- + Het Ambitieweb interpreteert het thema duurzaamheid breed, het thema wordt hierdoor integraal behandeld;
- + Door het iteratieve proces, waarbij tussentijds analyses plaats vinden bij het opstellen van de gewenste ambitieniveaus per thema, ontstaat een realistisch en bewust ambitieniveau voor de 12 duurzaamheidsthema's;
- + Het Ambitieweb laat in één oogopslag zien waar de zwaarte ligt, met betrekking tot de duurzaamheidsthema's, waarop besluiten worden gemaakt;

- + Het Ambitieweb is een goed werkend communicatie-, stimulatie- en focusmiddel om de ambities duidelijk weer te geven en te delen met derden of intern betrokkenen;
- + Het Ambitieweb is vrij eenvoudig en in een geringe tijd in te vullen, middels het invullen van het Excelbestand.

- Het Ambitieweb is niet direct gericht op het bevorderen van het toepassen van duurzame keuzes gedurende het ontwerpproces;
- Doordat enkel de duurzaamheidsambitie in kaart wordt gebracht, met name op basis van het huidige duurzaamheidsbeleid van de opdracht gevende organisatie, wordt op geringe wijze gestimuleerd tot de transitie naar een meer circulaire aanpak in het volledige ontwikkelproces.

4.12 Duurzaamheidsscore Infra-projecten

De Duurzaamheidsscore Infraprojecten is een score om de duurzaamheid voor infrastructuur projecten in de Nederlandse Bouwsector te meten (André Nijhof, Sacha Spoor, Erik Kok, 2020). Door Nyenrode Business Universiteit is in opdracht van Dura Vermeer een verkennend onderzoek gedaan naar een opzet van deze integrale score, er is een eerste opzet gemaakt en tevens de huidige score ontwikkeld.

Er is gekozen voor de ontwikkeling van een score in plaats van een keurmerk, zodat de focus komt te liggen op het transparant maken van de resultaten op diverse duurzaamheidsindicatoren (André Nijhof en Sacha Spoor, 2021).

Voor het analyseren van de Duurzaamheidsscore Infraprojecten is gebruik gemaakt van een tweetal rapporten die door Nyenrode Business Universiteit zijn vrijgesteld. Daarnaast is ter verdieping en verduidelijking een interview gehouden met prof. Dr. André Nijhof. In 'Bijlage 4 – Interview professor Dr. André Nijhof', zijn de belangrijkste resultaten uit het interview getranscribeerd. In de volgende sub paragrafen wordt de werking van de Duurzaamheidsscore Infraprojecten toegelicht, evenals de belangrijkste constatering.

4.12.1 Definiëring begrippen

Voor de ontwikkeling van de Duurzaamheidsscore zijn bepaalde begrippen gedefinieerd die tevens invloed hebben op de afbakening op onder andere het toepassingsgebied van de Duurzaamheidsscore Infraprojecten. Deze worden hieronder benoemd en toegelicht.

De bouwsector omvat het ontwerpen, realiseren en onderhouden van objecten die vastzitten in de grond en bedoelt zijn voor het benutten van onze leefomgeving. Binnen de bouwsector richt deze duurzaamheidsscore zich op infraprojecten.

Infraprojecten zijn gedefinieerd als de grond-, weg- en waterprojecten (GWW) zoals de bouw van dijken, bruggen, kanalen, cultuurhistorisch grondwerk, baggerwerken, waterbouw en wegenbouw (Wieser. A.A, 2019). De woningbouw en utiliteitsbouw vallen daarmee buiten deze duurzaamheidsscore.

4.12.2 De Werking

De Duurzaamheidsscore is opgebouwd uit vier thema's betrekking hebbende op het thema duurzaamheid. Aan deze thema's zijn vervolgens Key Performance Indicators (KPI's) gekoppeld om duurzaamheid meetbaar te maken. Deze KPI's vormen samen uiteindelijk de eindscore. De vier thema's betreffen de volgende:

1. Milieu en Klimaat;

Infraprojecten hebben invloed op het milieu en het klimaat. Dit heeft betrekking op verschillende aspecten. De veranderingen in het milieu treden op als gevolg van de productie, het transport en de verwerking van materialen in infraprojecten. Dit geldt specifiek voor de verandering van het klimaat. Om tot klimaat-neutrale infrastructuur te komen, is het allereerst noodzakelijk te meten welke impact er op dit moment is, om vervolgens stappen te ondernemen die bijdragen aan een vermindering van de impact.

2. Circulariteit;

In lijn met de circulaire economie is het noodzakelijk om infrastructuur te ontwikkelen, gebruiken en hergebruiken, zonder natuurlijke hulpbronnen onnodig uit te putten, de leefomgeving te vervuilen en ecosystemen aan te tasten.

3. Sociale Duurzaamheid;

De realisatie van infraprojecten heeft invloed op de mens. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de volgende groepen: mensen die wonen in de omgeving van projecten, weggebruikers die mogelijk hinder ondervinden van activiteiten en vakmensen op de bouwplaats. Voor deze laatste groep geldt nog in het bijzonder of er mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt worden ingezet en of er maatregelen worden getroffen voor de bevordering van inclusiviteit en/of diversiteit.

4. Natuur en Biodiversiteit;

De realisatie van infrastructuur staat daar naast op gespannen voet met natuur en biodiversiteit. Te hoge stikstofdepositie in gevoelige natuurgebieden staat de realisatie van infraprojecten in de weg. Daarvoor is het noodzakelijk de stikstofuitstoot te meten en te reduceren. Nieuwe infrastructuur kan een bedreiging vormen voor biodiversiteit, maar tegelijkertijd bieden projecten kansen om maatregelen te nemen die de biodiversiteit bevorderen.

De Key Performance Indicators (KPI's)

Zoals eerder aangegeven zijn binnen de vier thema's KPI's geformuleerd waarmee de doelstellingen binnen de thema's meetbaar zijn opgesteld. Voor de eenvoud is bij alle KPI's een 5-punten schaal gehanteerd, uitgedrukt in A-B-C-D-E (André Nijhof, Sacha Spoor, Erik Kok, 2020).

Welke specifieke KPI's per thema van toepassing zijn is te vinden in 'Bijlage 5 – Verkenning Keurmerk infra, 3.2 KPI's binnen duurzaamheidslabel infraprojecten'.

Eindscore duurzaamheidsscore

Het keurmerk maakt per KPI inzichtelijk welke score past bij een project. Bovendien leidt de combinatie van deze scores tot een eindscore voor het infraproject.

Deze eindscore wordt bepaald door een ongewogen optelling van de scores op de criteria. Binnen de vier thema's zijn in totaal dertien KPI's geformuleerd waarbinnen een 5-punten-schaal is gehanteerd. De maximale score – die gelijk staat aan een A-indeling bij elke KPI - is daardoor 65 punten.

- Een score van 55 – 65 punten is een zeer duurzaam project en krijgt het label **Brilliant**.
- Een score van 45 – 54 punten is een zeer duurzaam project en krijgt het label **Goud**.
- Een score van 35 – 44 punten is een duurzaam project en krijgt het label **Zilver**.
- Een score van 25 – 34 punten is een matig duurzaam project en krijgt het label **Koper**.
- Een score van 15 – 24 punten is een matig duurzaam project en krijgt het label **Brons**.
- Een score van 1 – 14 punten is geen duurzaam project en krijgt **geen label**.

De opbouw van de eindscore wordt daarbij visueel gemaakt middels een factsheet. In 'Bijlage 6 – Casus Factsheet Duurzaamheidsscore infra-projecten', is voor een voorbeeld project een factsheet weergegeven. Het factsheet kan intern worden gebruikt en daarnaast worden gedeeld met direct betrokkenen van andere partijen (opdrachtgevers, onderaannemers). Het wordt tevens geüpload in een openbare landelijke database. Daarnaast wordt aanbevolen deze factsheet op meerdere momenten in het

bouwproces te gebruiken, zowel binnen de gunningsfase, als de uitvoeringsfase en over projecten heen (André Nijhof, Sacha Spoor, Erik Kok, 2020).

Gebruik van de duurzaamheidsscore

Zoals hierboven aangegeven wordt geadviseerd de factsheet op meerdere momenten in het bouwproces te gebruiken, waaronder binnen de gunningsfase, de uitvoeringsfase en over projecten heen. Echter blijkt uit een aantal pilot studies dat het merendeel van de opdrachtgevers meerwaarde ziet in het toepassen van de duurzaamheidsscore in de uitvoeringsfase of als evaluatie achteraf. De meerwaarde richt zich in dit geval deels op het vaststellen van de mate van duurzaamheid en het leren daarvan richting het vervolg van dat project of de volgende projecten (André Nijhof en Sacha Spoor, 2021).

4.12.3 Voordelen en aandachtspunten

Zoals aangegeven is de Duurzaamheidsscore Infra-projecten recentelijk ontwikkeld en zijn de ontwikkelingen, met betrekking tot het verbeteren van het scoresysteem, tot op heden nog bezig. Ondanks de verbeteringen die nog worden doorgevoerd kent op dit moment het scoresysteem een aantal voordelen evenals aandachtspunten ter verbetering, deze worden hieronder opgesomd en toegelicht.

- + De Duurzaamheidsscore wordt door opdrachtgevers met name toegepast in de uitvoering of ter evaluatie achteraf. Dit sluit aan bij de observatie dat het Ambitieweb GWW juist veel in de ontwerpfase wordt toegepast en de duurzaamheidsscore daar een goede aanvulling op kan zijn. De meerwaarde richt zich in dat geval deels op het vaststellen van de mate van duurzaamheid en het leren daarvan richting het vervolg van dat project of volgende projecten (André Nijhof en Sacha Spoor, 2021);
- + Toepassingen van de duurzaamheidsscore helpt om het gesprek te verschuiven van proces naar inhoud bij het verduurzamen van infraprojecten. Dit komt mede door de focus van de duurzaamheidsscore op behaalde resultaten per indicator (André Nijhof en Sacha Spoor, 2021);
- + Uit ervaring blijkt dat voor een goed ingevoerde betrokkene, veelal de projectleider, de Duurzaamheidsscore Infraprojecten in ongeveer 2 uur tijd kan worden ingevuld (André Nijhof en Sacha Spoor, 2021);
- + De Duurzaamheidsscore tool in wordt als een handig hulpmiddel ervaren (André Nijhof en Sacha Spoor, 2021);
- + De Duurzaamheidsscore Infraprojecten is gericht op het transparant maken van de resultaten op duurzaamheidsindicatoren. Daarnaast komt deze transparantie naar voren in de stimulering van kennisdeling tussen verschillende opdrachtgevers, zodat het lerend vermogen van de sector hiermee een impuls krijgt (André Nijhof en Sacha Spoor, 2021);
- + In bouwbedrijven ontstaat door toepassing van de duurzaamheidsscore meerwaarde doordat de score de mogelijkheid biedt om een ondergronds qua duurzaamheid aan te brengen en medewerkers kunnen worden meegenomen in de ambities rond duurzaamheid (André Nijhof, Sacha Spoor, Erik Kok, 2020).
- Als de MKI score nog niet is vastgesteld bij het invullen van de tool mag een schatting worden gemaakt (André Nijhof en Sacha Spoor, 2021), dit maakt de Duurzaamheidsscore minder objectief;
- De Duurzaamheidsscore kan wel eens waar binnen 2 uur worden ingevuld, echter geeft de score enkel een ruwe indicatie om een eerste indruk van een project te krijgen. Door deze ruwe indicatie kan niet gedetailleerd op bepaalde duurzaamheidsaspecten worden ingegaan (Nijhof, 2021);

- Hiertoe ontstaat de uitdaging voor het ontwikkelen van een scoresysteem dat laagdrempelig in gebruik is, maar toch gedetailleerde informatie geeft over de duurzaamheid van een infraproject;
- Het aantal KPI's per thema verschilt, daarnaast wegen deze indicatoren even zwaar mee voor de eindscore (Nijhof, 2021). Door deze onevenredige verhouding qua KPI's en evenredige weging in de eindscore kan een scheve eindscore ontstaan, doordat de urgentie en relevantie van de thema's en bijbehorende KPI's per project kan verschillen.

4.13 Milieuprestatie Gebouwen (MPG)

De MPG is een belangrijke maatstaf voor de duurzaamheid van een gebouw. Hoe lager de MPG, hoe duurzamer het materiaalgebruik. De milieuprestatie van materialen van gebouwen zal een steeds belangrijkere factor worden in de totale milieubelasting van een gebouw. De MPG is een **objectief hulpmiddel in het ontwerpproces** en het kan gebruikt worden in een Programma van Eisen om het resultaat van een ontwerpproces vast te leggen (RvO, 2021).

De MPG is bij de aanvraag van een omgevingsvergunning verplicht. Hierbij gaat het om nieuwe kantoorgebouwen (groter dan 100 m²) en om nieuwbouwwoningen.

Per 1 juli 2021 geldt een **maximum grenswaarde voor de MPG van 0,8**. Het doel is deze eis stapsgewijs aan te scherpen en uiteindelijk in 2030 te halveren (RvO, 2021).

4.13.1 Milieubelasting berekenen

Om de milieuprestatie objectief te meten wordt een MPG-berekening uitgevoerd. Omdat de Energieprestatiegarantie (EPG) steeds lager wordt, wordt de MPG van een gebouw steeds belangrijker als maat voor de duurzaamheid. Een belangrijk aandachtspunt is dat maatregelen die gunstig zijn voor de EPG, ongunstig kunnen zijn voor de MPG en omgekeerd. Denk hierbij bijvoorbeeld aan PV-panelen (RvO, 2021).

Hoe reken je een MPG uit?

Om de milieubelasting van een enkel materiaal te bepalen, wordt een Levens Cyclus Analyse (LCA) uitgevoerd. De LCA moet worden uitgevoerd door een gekwalificeerde deskundige. De LCA resulteert in een milieuprofiel (Milieudatabase, Milieuprestatieberekening, 2021). Dit milieuprofiel bestaat uit 19 milieuprofielcategorieën voor de milieubelasting van een product die zijn functie vervult in een bouwwerk, zie 'Figuur 6 19 Milieu-impactcategorieën'. Deze 19 indicatoren worden samengevoegd tot één waarde: de schaduwkosten per eenheid van het product (RvO, 2021).

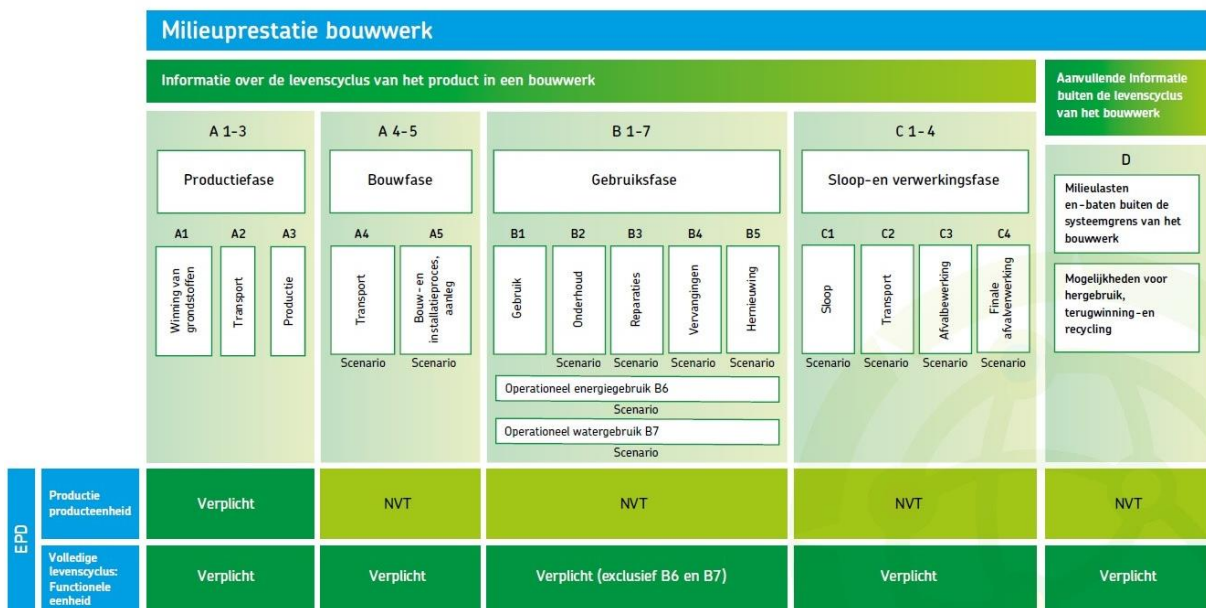
Milieu-impactcategorie	Indicator	Eenheid
Klimaatverandering - totaal	GWP-totaal	kg CO2-eq.
Klimaatverandering - fossiel	GWP-fossiel	kg CO2-eq.
Klimaatverandering - biogeen	GWP-biogeen	kg CO2-eq.
Klimaatverandering - landgebruik en verandering in landgebruik	GWP-luluc	kg CO2-eq.
Ozonlaagaantasting	ODP	kg CFC11-eq.
Verzuring	AP	mol H+-eq.
Vermesting zoetwater	EP-zoetwater	kg PO4-eq.
Vermesting zeewater	EP-zeewater	kg N-eq.
Vermesting land	EP-land	mol N-eq.
Smogvorming	POCP	kg NMVOC-eq.
Uitputting van abiotische grondstoffen mineralen en metalen	ADP-mineralen&metal	kg Sb-eq.
Uitputting van abiotische grondstoffen fossiele brandstoffen	ADP-fossiel	MJ, net cal. val.
Watergebruik	WDP	m3 world eq. deprived
Fijnstof emissie	Ziekte door PM	Ziekte-incidentie
Ioniserende straling	Humane blootstelling	kBq U235-eq.
Ecotoxiciteit (zoetwater)	CTU ecosysteem	CTUe
Humane toxiciteit, carcinogeen	CTU humaan	CTUh
Humane toxiciteit, non-carcinogeen	CTU humaan	CTUh
Landgebruik gerelateerde impact / bodemkwaliteit	Bodemkwaliteitsindex	Dimensieloos

Figuur 6 19 Milieu-impactcategorieën

De Bepalingsmethode is geldend voor de berekening van de milieuprestatie van zowel een gebouw als een GWW-werk. De Bepalingsmethode is niet gericht op de milieuprestatie van afzonderlijke producten, maar op de milieuprestatie van het gebouw of GWW-werk als geheel. Het gebouw of bouwwerk is dan de eenheid waaraan de prestatie wordt gesteld en waarin het product wordt toegepast om het gebouw in zijn functie te kunnen laten voorzien (Milieudatabase, Milieuprestatieberekening, 2021).

Een **LCA** is een kwantitatieve methode om de totale milieu-impact te bepalen over de gehele levenscyclus van het product; van grondstofwinning en productie tot gebruik en verwerking na einde leven. De levenscyclus van een product in een bouwwerk is opgedeeld in 4 fases en 1 module (A t/m D, waarbij B6 en B7 buiten beschouwing worden gelaten in de Bepalingsmethode), zie 'Figuur 7 Informatie over de levenscyclus van een product'.

De LCA wordt uitgevoerd met behulp van softwareprogramma's als SimaPro. Deze programma's maken gebruik van databases als de NMD-processendatabase en Ecoinvent, welke milieudata bevatten op gedetailleerd niveau over onder andere productieprocessen, energieopwekking en transport zowel nationaal als internationaal. De Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken schetst in combinatie met de EN 15804 en de aanverwante ISO-normen de spelregels voor het opstellen van een LCA ten behoeve van de milieudata in de NMD, de Nationale Milieudatabase (Milieudatabase, Milieudata, 2021).



Figuur 7 Informatie over de levenscyclus van een product

Rekenregels

De MPG van een gebouw is de som van de schaduwkosten van alle toegepaste materialen in een gebouw. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met de materialen die worden vervangen tijdens de levensduur van het gebouw. **De totale som wordt gedeeld door de levensduur en door het bruto vloeroppervlak (bvo) van een gebouw.** De MPG wordt vervolgens uitgedrukt in de schaduwkosten per vierkante meter bvo per jaar [€/ m2 BVO* jaar] (RvO, 2021).

Een lage schaduwprijs (lage MPG score) betekent dat uw gebouw relatief goed is voor het milieu. Een hoge schaduwprijs betekent dat uw gebouw een relatief slechte invloed heeft op het milieu (Handelbouwadvis, 2021).

Om een MPG uit te rekenen, moet elk materiaal in een ontwerp worden geïdentificeerd en moet worden bepaald hoeveel er van wordt toegepast. Ondanks dat in de softwarepakketten veel met standaardproducten gewerkt kan worden, kost het goed uitrekenen van de MPG relatief veel tijd.

De rekenregels zijn gedefinieerd in de EN 15978.

Gebouwdelen die de grootste bijdrage aan de MPG leveren zijn gevels, vloeren en installaties. In totaal is dit vaak 60% tot 80% van de MPG. Een en ander kan echter sterk variëren, afhankelijk van de geometrie en het installatieconcept (RvO, 2021).

4.13.2 Levensduur van materialen

De MPG geeft aan wat de milieubelasting is van de materialen die in een gebouw worden toegepast. Voor het grootste deel is dit het materiaal dat nodig is om het gebouw te bouwen. Materialen worden echter ook onderhouden en vervangen gedurende de levensduur van een gebouw. Hoe vaak dit gebeurt, is afhankelijk van de functie van het materiaal. Installaties worden bijvoorbeeld een aantal keer gedurende de levensduur van een gebouw vervangen. Kozijnen en muren moeten periodiek worden geschilderd. Ook het type materiaal is belangrijk. Zo zal Europees naaldhout gemiddeld sneller vervangen moeten worden dan (tropisch) hardhout.

Materialen die langer mee gaan, hebben niet altijd een lagere milieubelasting. De totale milieubelasting is sterk afhankelijk van bijvoorbeeld toepassing, ontwerp en onderhoud. Bij een constructie in een gebouw kan de milieubelasting van tropisch hout hoger zijn dan van Europees naaldhout. Maar bij een damwand kan in verband met vervanging, de milieubelasting van tropisch hardhout over 30 jaar lager zijn dan van Europees naaldhout of staal.

De MPG berekent de milieubelasting van het gehele gebouw of gww-werk (grond-weg-water). Hierbij zijn de wijze van toepassing, levensduur en hergebruik (module D) bepalend voor de totale milieubelasting (RvO, 2021).

Schaduwkosten materiaal

Om de MPG overzichtelijk te houden, worden alle verschillende manieren waarop het milieu wordt belast samengevoegd in één waarde: **de schaduwkosten van een materiaal**. Dit zijn de kosten die gemaakt moeten worden om de schade aan het milieu, door het materiaalgebruik, ongedaan te maken. **Voor een gebouw worden al deze kosten over de gehele levensduur opgeteld en gedeeld door de levensduur en de oppervlakte van het gebouw.**

4.13.3 Duurzaamheidsinstrumenten

De MPG maakt integraal onderdeel uit van belangrijke duurzaamheidsinstrumenten. In Breeam-NL is de MPG-berekening opgenomen in MAT 1. In totaal kunnen met MAT 1 maximaal 8 credits worden behaald. De 8 credits worden verkregen als de schaduwprijs 60% onder de referentiewaarde ligt. Ook in het instrument GPR gebouw is de MPG integraal opgenomen. Het onderdeel milieu uit GPR gebouw bestaat voor 60% uit de MPG-berekening. De berekende MPG wordt vergeleken met de MPG van een gebouw die gebouwd is volgens een standaardniveau (RvO, 2021).

4.13.4 Voordelen en aandachtspunten MPG

Het toepassen van de MPG voor het bepalen van de duurzaamheid van een gebouw kent een aantal voordelen en aandachtspunten/ nadelen, deze worden hieronder opgesomd en toegelicht.

- + Om de totale milieu-impact te bepalen over de gehele levenscyclus van alle afzonderlijke producten, die de totale schaduwkosten bepalen ter berekening van de uiteindelijke MPG score, wordt een LCA uitgevoerd voor alle toegepaste materialen. Deze LCA wordt met behulp van softwareprogramma's als SimaPro uitgevoerd. Deze programma's maken gebruik van databases als de NMD-processendatabase en Ecoinvent, welke milieudata bevatten op gedetailleerd niveau over onder andere productieprocessen, energieopwekking en transport zowel nationaal als internationaal;
- + De Bepalingsmethode is geldend voor de berekening van de milieuprestatie van zowel een gebouw als een GWW-werk. De Bepalingsmethode is niet gericht op de milieuprestatie van afzonderlijke producten, maar op de milieuprestatie van het gebouw of GWW-werk als geheel;
- + De MPG maakt integraal onderdeel uit van belangrijke duurzaamheidinstrumenten, denk aan BREEAM-NL en GPR Gebouw;
- + De MPG is bij elke aanvraag voor een omgevingsvergunning verplicht en daarmee nationaal wettelijk verplicht en erkend.
- Het uitvoeren van een LCA kan enkel door een gekwalificeerde deskundige worden uitgevoerd;
- Ondanks dat in de softwarepakketten, voor het uitvoeren van de LCA, veel met standaardproducten gewerkt kan worden, kost het goed uitrekenen van de MPG relatief veel tijd.

4.14 BREEAM-NL

BREEAM-NL is een methode om de duurzaamheidsprestaties van gebouwen te bepalen. De afkorting BREEAM staat voor Building Research Establishment Environmental Assessment Method. BREEAM-NL is de variant van BREEAM die specifiek voor de Nederlandse Markt is ontwikkeld.

Met BREEAM is het mogelijk om nieuwbouw, renovaties, bestaande bouw, gebieden en sloop van gebouwen te voorzien van een certificaat. Elk van de certificaten werkt met eigen punten en wegingen, maar het proces is voor allen gelijk (Duurzaamheidscertificering, 2021).

Met deze methode kunnen projecten worden beoordeeld op integrale duurzaamheid. BREEAM-NL heeft vier keurmerken. Voor nieuwbouwprojecten is er BREEAM-NL Nieuwbouw. Bestaande gebouwen worden beoordeeld met In-Use, sloopprojecten met Sloop en Demontage en complete gebieden met BREEAM-NL Gebied (BREEAM-NL, 2021).

Door gebouwen middels BREEAM-NL te beoordelen wordt inzicht verkregen in de werkelijke prestatie van het project wat betreft duurzaamheid. Daarnaast is BREEAM een internationaal erkend keurmerk, waardoor de prestatie wordt erkend en door de markt op waarde wordt beoordeeld.

Het doel van de toepassing van de BREEAM methode, die wereldwijd wordt toegepast, is het realiseren van meer duurzame gebouwen met een minimale milieu-impact. Tevens interpreteert het keurmerk duurzaamheid breed, waardoor een goede BREEAM-score de waarde van een gebouw verhoogt. Daarbij versterkt een hoge score het groene-imago en helpt het een productievere en gezondere werk- en leefomgeving te creëren (Luximprove, 2021).

4.14.1 De werking

Het BREEAM label beoordeelt het gehele bouwconcept waarbij er getoetst en geëvalueerd wordt op negen duurzaamheidscategorieën die onderdeel uit maken van de drie hoofdonderdelen van BREEAM-NL. Middels deze benadering betreft het BREEAM keurmerk een integraal duurzaamheidskeurmerk (Luximprove, 2021). Deze hoofdonderdelen krijgen afzonderlijk een deelscore die uitmaakt van de totale scoren en betreffen de volgende:

- **Asset:** de duurzame prestaties van het gebouw;
- **Beheer:** hoe duurzaam het gebouw wordt beheerd;
- **Gebruik:** hoe duurzaam het gebouw wordt gebruikt (W4Y, 2021).

De score die per hoofdonderdeel afzonderlijk wordt behaald is opgebouwd uit deelscores voor de verschillende duurzaamheidscategorieën en wordt uitgedrukt in sterren. De volgende niveaus worden onderscheiden:

BREEAM Score	Sterren	%
Outstanding	*****	≥ 85%
Excellent	****	≥ 70%
Very Good	***	≥ 55%
GOod	**	≥ 40%
Pass	*	≥ 25%
Acceptable		≥ 10%

Figuur 8 BREEAM Ambitie niveaus

De negen duurzaamheidscategorieën die onder één van de hoofdonderdelen vallen en beoordeeld worden hebben een eigen weging die samen de totaalscore bepalen (W4Y, 2021). De negen duurzaamheidscategorieën betreffen de volgende:

1. Management (12%);
2. Gezondheid (15%);
3. Energie (19%);
4. Transport (8%);
5. Water (6%);
6. Materialen (12,5%);
7. Afval (7,5%);
8. Landgebruik en ecologie (10%);
9. Vervuiling (10%) (Luximprove, 2021).

Onder iedere categorie vallen vervolgens weer onderwerpen, ook wel credits genoemd, waarvoor duurzaamheidsdoelstellingen zijn gedefinieerd en criteria waaraan moet worden voldaan. Wordt er voldaan aan de criteria, dan worden er punten toegekend die uiteindelijk meewegen aan de totaalscore (Luximprove, 2021).

4.14.2 Aan de slag met BREEAM-NL

Het BREEAM-NL proces bestaat uit acht stappen. Hieronder worden de stappen toegelicht, waarbij de focus ligt op zaken waar aan gedacht dient te worden en hoe iedere stap het beste aangepakt kan worden.

1. **Bepaal de ambitie met de opdrachtgever;**
Stel vast welk BREEAM-NL niveau gewenst is te bereiken (zie 'Figuur 8 BREEAM Ambitie niveaus' voor de te behalen niveaus). Wordt er gestreefd naar 5 sterren, of terwijl Outstanding, dan dient de haalbaarheid getoetst te worden, zowel financieel als technisch.
2. **Stel een BREEAM-NL team samen;**
Stel de partijen samen die veel bewijslast dienen te leveren, hieronder vallen onder andere de volgende partijen: De opdrachtgever, de architect, de installatie adviseur, de aannemer, externe adviseur, etc.
Tevens wordt vanuit de DGBC (Dutch Green Building Council) geadviseerd minimaal één procesmanager met kennis over BREEAM-NL aan te stellen om het certificeringsproces te sturen. Deze persoon is dan ook eindverantwoordelijke voor het BREEAM dossier.
3. **Kick-off;**
Gedurende de kick-off dienen de partijen binnen het BREEAM-NL team afspraken te maken betrekking hebbende op het proces. Hierbij wordt onder andere de verantwoordelijke per credit vastgesteld.
4. **Verzamelen van bewijslast;**
Iedere verantwoordelijke levert voor zijn of haar credit bewijslast aan bij de procesmanager. De procesmanager controleert de bewijslast en geeft schriftelijk aan of de bewijslast aan de betreffende eisen van de credit voldoet.
5. **Invullen van assessmenttool;**
Indien de BREEAM-NL expert akkoord is met de aangeleverde bewijslast wordt een validatie geschreven in de Assessmenttool.
6. **Aanstellen van een assessor;**

De taak van de assessor is om de aangeleverde bewijslast te controleren. In veel gevallen wordt de assessor door de opdrachtgever aangesteld, liefst zo vroeg mogelijk in het BREAAAM-NL traject. Mocht de assessor niet akkoord gaan met de aangeleverde bewijslast, dan is het de taak aan de BREAAAM expert om de bewijslast aan te passen.

7. Rapportage door assessor;

Indien de assessor akkoord is met de bewijslast wordt een eindrapport opgemaakt. In de fase van oplevering wordt door de assessor nog een inspectierapport gemaakt naar aanleiding van de site-inspectie.

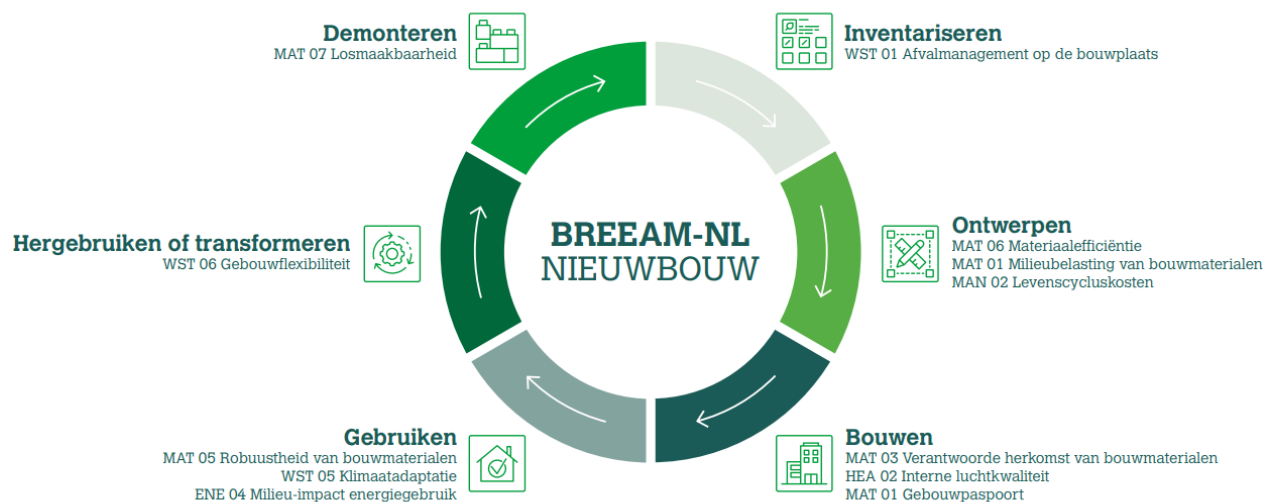
8. Controle door DGBC.

Er vindt nog steekproefsgewijs een controle plaats door de DGBC. Indien deze controle ook goed is, mag de assessor het certificaat aan de opdrachtgever overhandigen (Luximprove, 2021).

4.14.3 Circulariteit en BREEAM

Zoals aangegeven betreft BREEAM-NL een integraal duurzaamheidskeurmerk, doordat het op negen duurzaamheidscategorieën wordt beoordeeld. In dit keurmerk is tevens circulariteit geborgd. Aangezien circulariteit een belangrijk thema is binnen de bouwwereld en doordat er veel vraag is naar het meetbaar maken van circulariteit, heeft de DGBC een speciale White paper ontwikkeld. In deze White paper wordt uitgelegd hoe circulariteit is geborgd in BREEAM-NL Nieuwbouw 2020 (DGBC, Wil je met circulariteit aan de slag, dan is dit de meest actuele standaard, 2021). In deze sub paragraaf wordt aangegeven hoe de circulaire principes binnen BREEAM-NL Nieuwbouw 2020 zijn verankerd en waar de focus op ligt met betrekking tot circulariteit.

In elke fase van het bouw- en ontwikkelproces worden eisen gesteld aan circulariteit. Om deze reden heeft BREEAM-NL verbeterpunten met betrekking tot circulariteit voor alle fases opgesteld (DGBC, Circulariteit is meetbaar met BREEAM-NL Nieuwbouw 2020, 2021). Zie 'Figuur 9 BREEAM-NL Nieuwbouw en circulariteit'.



Figuur 9 BREEAM-NL Nieuwbouw en circulariteit

Binnen deze beoordelingsrichtlijn ligt de focus op bouwmaterialen, waarbij verbeterpunten met betrekking tot het optimaliseren van materiaalgebruik, ontwerp voor remontabiliteit en het beschikbaar stellen van informatie (in gebouwspaspoorten) zijn verwerkt (DGBC, Circulariteit is meetbaar met BREEAM-NL Nieuwbouw 2020, 2021).

De stimulering en optimalisatie richting de circulaire aanpak wordt onder andere verkregen door toepassing van onderstaande bepalingsmethodes of toepassingen in één of meer van de fases.

- De MPG, Milieuprestatie Gebouwen, beoordeeld de milieuprestatie van gebouwen. Dit gebeurt door middel van het berekenen van de totale schaduwprijs. Hiertoe is product specifieke data nodig uit de NMD, Nationale Milieu Database, waarin alle informatie over producten met daarbij een **levenscyclusanalyse (LCA)** is opgenomen.
 - De DGBC stimuleert het gebruik van producten met product specifieke data uit de NMD. Door meer gebruik te maken van product specifieke data, worden producenten gestimuleerd de milieu-impact van hun product inzichtelijk te maken en te gaan sturen op duurzamere productie ervan.
 - De levenscyclusanalyse dwingt je om je gebouwwontwerp ook financieel integraal te benaderen. Op deze wijze wordt vooruit gekeken. Op dit moment gebeurt dat nog veel te weinig.
- Voor de materialen die in het gebouw worden verwerkt, is een **materialenpaspoort** beschikbaar. En al die materialenpaspoorten zijn integraal opgenomen in een gebouwspaspoort.
 - Een materialenpaspoort geeft inzicht in de materialen, componenten en producten van een gebouw, en in hun hoeveelheden. Daarnaast bevat het materialenpaspoort informatie over de kwaliteit van de materialen, hun locaties en hun monetaire en circulaire waarde. De nieuwe beoordelingsrichtlijn BREEAM-NL waardeert het als minimaal 80% van de materialen van het totale gebouwvolume een materialenpaspoort heeft (DGBC, Circulariteit is meetbaar met BREEAM-NL Nieuwbouw 2020, 2021).

4.14.4 Voordelen en aandachtspunten BREEAM-NL

Het beoordelen van de duurzaamheid van een gebouw op basis van BREEAM-NL kent een aantal voordelen en tevens aandachts-/ minpunten. Deze worden hieronder toegelicht.

- + **Er wordt inzicht verkregen in de werkelijke duurzaamheidsprestatie van een gebouw**, doordat BREEAM-NL het gehele bouwconcept beoordeeld, waarbij getoetst en geëvalueerd wordt op negen duurzaamheidscategorieën. De BREEAM-NL methode betreft hiermee **een integraal duurzaamheidskenmerk** (BREEAM-NL, 2021);
- + **BREEAM is een internationaal erkend keurmerk**, waardoor de prestatie wordt erkend en door de markt op waarde wordt beoordeeld (Luximprove, 2021);
- + **De lat van BREEAM-NL ligt hoger dan wat wettelijk wordt geëist**, waardoor het gebouw toekomstbestendig is (BREEAM-NL, 2021);
- + **Een BREEAM-NL certificaat heeft een bewezen kwaliteit**, aangezien een certificaat wordt afgegeven op basis van een gecontroleerde prestatie, die is vastgelegd, door meerdere onafhankelijke deskundigen (Sight, 2021);

- **De kosten voor het verzamelen van bewijsstukken kunnen aanzienlijk zijn**, indien de systematiek geen onderdeel uitmaakt van het ontwerpproces (Sight, 2021);
- **Voor de beoordeling is specialistische kennis en ervaring nodig** (Sight, 2021);
- **De beoordelingsrichtlijn, gericht op circulariteit, is tot op heden enkel voor nieuwbouw ontwikkeld** (DGBC, Circulariteit is meetbaar met BREEAM-NL Nieuwbouw 2020, 2021).

Hoofdstuk 5 – Het 10 R-model om circulariteit te meten

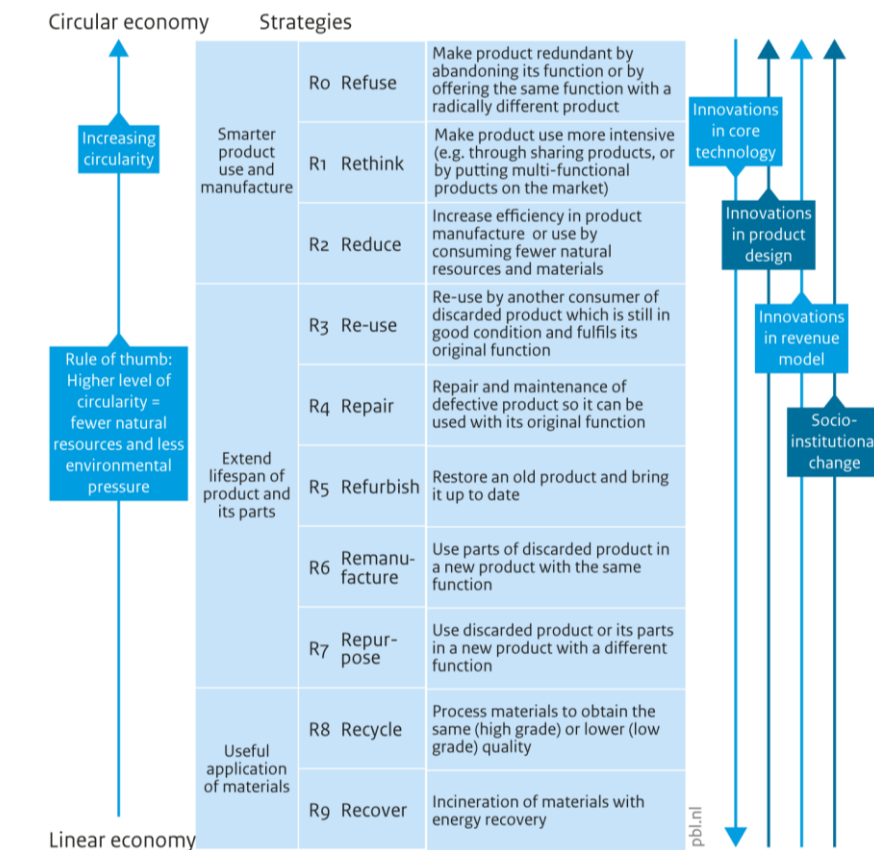
De R-Principes, oorspronkelijk bedacht door de Ellen Mac Arthur Foundation, hebben als doel het behoud van waarde te verwezenlijken. Het Utrecht Sustainability Institute heeft de R-Principes als ladder gepresenteerd met een voorkeursvolgorde waarbij de bovenste een duidelijke voorkeur geniet ten opzichte van de onderste (Evert Schut, 2019). Zie voor de ladder, zoals gepresenteerd door het Utrecht Sustainability Institute, 'Figuur 10 De 10 R-Ladder'.

In dit hoofdstuk wordt als eerste het principe van het 10-R model toegelicht, evenals de definitie van de afzonderlijke R'en. Als laatste wordt aandacht geschonken aan de mogelijkheid ter implementatie van het 10-R principe in de tool.

5.1 Het 10-R principe

Het 10 R-principe fungeert naast de beoordelingsladder als handige checklist voor ontwerpers. Wordt het 10 R-Principe gebruikt als checklist voor het ontwerpen, dan kunnen de uitkomsten erg verschillen. In het ene geval is er de mogelijkheid om een nieuw en slimmer product te ontwerpen met minder materialen of met minder schaarse grondstoffen, bij een ander geval een product dat gemakkelijker uit elkaar te halen is. In weer een ander geval gaat het om een bestaand product en kan men nog kiezen voor mogelijkheden om de levensduur te verlengen, dan wel het te recyclen. **Wat de beste keuze is wordt niet alleen bepaald door de plaats op de ladder: ook de aard van het product, de 'levensfase' van het product en vooral wat de effecten zijn van die keuze spelen een rol.** Vaak zal een product meerdere soorten cycli doorlopen: hergebruik van hetzelfde product door iemand anders (R3), een reparatiecyclus (R4), en uiteindelijk (hoogwaardige) recycling (R8) en materiaalhergebruik. Om die reden is het niet erg zinvol om bijvoorbeeld reparatie te vergelijken met hoogwaardige recycling: beide zijn belangrijk, maar in een andere fase van de levenscyclus. Anders gezegd, zonder R8 (maar dan de hoogwaardige variant) zijn R3 t/m 7 niet echt circulair te noemen (Evert Schut, 2019).

Het is wel van belang dat er onderscheid wordt gemaakt tussen hoogwaardige en laagwaardige recycling. Bij hoogwaardige recycling en hergebruik worden de oorspronkelijke grondstoffen die nodig waren om het product te maken (in de eerste



Figuur 10 De 10 R-Ladder

cyclus) uitgespaard in de tweede cyclus. Pas dan is sprake van kringloopsluiting. Bij laagwaardig hergebruik krijgen de grondstoffen een andere functie, met verlies aan waarde (Evert Schut, 2019).

5.2 De definities van de 10 R'en

Refuse (R0), Rethink (R1) en Reduce (R2)

Refuse (R0), **Rethink (R1)** en **Reduce (R2)** hebben betrekking op het bewustzijn en het nadenken over hoe iets anders kan. R0, R1 en R2 zijn gedreven door sociale technologische innovatie. Zonder gevoel voor urgentie, kennis of bewustzijn zal er geen actie worden ondernomen (Lonneke van Harrewijn, 2021).

Rethink (R1) en sociale innovatie gaan over een andere manier van organiseren. Door met een nieuwe blik naar de hele bedrijfsvoering te kijken, het productieproces en de echte behoefte die een product of dienst vervult, kun je op een heel nieuw product ontwerp uitkomen of op een nieuwe manier van produceren (Lonneke van Harrewijn, 2021). In het geval van het ontwerpen binnen de infrastructuur betekent dit het nadenken over anders ontwerpen (**Re-design**), waarbij bijvoorbeeld bepaalde elementen geïllumineerd kunnen worden in het ontwerp, waardoor minder materiaal nodig is.

Dit zal vaak samengaan met samenwerking in de keten om de (CO2)impact van die keten zo klein mogelijk te maken. Een mooi voorbeeld hiervan is Biobased bouwen. Ruim 30 partijen uit de bouwsector (architecten, producenten, de overheid en kennis instellingen) hebben een kennisbank opgezet om te stimuleren dat meer traditionele en natuurlijke materialen worden gebruikt voor het bouwen en renoveren van woningen in plaats van beton en kunststof (Lonneke van Harrewijn, 2021).

Daarnaast wordt bij **Reduce (R2)** nagedacht over het verminderen van grondstoffen en of ook gerecycled materiaal kan worden gebruikt. Denk hierbij aan hoe snijafval kan worden verminderd of voorkomen, bijvoorbeeld door opdrachten te combineren, zodat je dat laatste restje toch nog nuttig kan gebruiken (Lonneke van Harrewijn, 2021).

Re-use (R3)

Re-use (R3) gaat over hergebruik van producten in totaliteit. De deeleconomie is hier voor een groot deel op gebaseerd. Maar denk ook aan initiatieven als Marktplaats en de kringloopwinkel. Deze initiatieven zijn in eerste instantie gericht op de consument, maar zijn tevens toe te passen binnen bedrijven of binnen een bedrijfstak (Lonneke van Harrewijn, 2021).

Repair (R4), Refurbish (R5) en Remanufacture (R6)

Repair (R4) gaat over onderhoud en reparatie, een dienst die in de circulaire economie steeds belangrijker zal worden. Om reparaties te voorkomen en de levensduur van producten te verlengen wordt steeds meer gebruik gemaakt van Internet of Things (IoT). Hiermee kunnen kritieke bedrijfsprocessen of belangrijke apparatuur continu worden gemonitord via sensoren. Dit resulteert in het voorkomen van uitval of storing van de apparatuur en hierdoor kan tijdig preventief onderhoud worden uitgevoerd.

Bij **Refurbish (R5)** worden producten opgeknapt om vervolgens verkocht of verhuurd te worden tegen een lagere prijs.

Met **Remanufacturing (R6)** worden nieuwe producten gemaakt van (onderdelen van) oude producten. Hier valt ook revisie onder (Lonneke van Harrewijn, 2021).

Repurpose (R7) en Recycling (R8)

Heel dicht bij Recycle ligt de stap **Repurpose (R7)** waarbij het gaat om het hergebruiken van producten met een ander doel; ook wel upcycling genoemd. Dit wordt veel gebruikt in de design industrie.

Tegenwoordig wordt veel aandacht gegeven aan **de Recycling (R8)** van producten. Het feit dat deze zo laag op de ladder staat komt omdat er vaak nog veel energie voor wordt gebruikt en het vaak gepaard gaat met kwaliteitsverlies. Echter zit er wel een tamelijk verschil in hoogwaardige en laagwaardige recycling. Voorbeelden van hoogwaardige recycling zijn papier, metaal, glas en textiel. Het vernalen van marmer tot puin wat als stabilisatie- en vullaag onder asfalt wordt gebruikt is een voorbeeld van laagwaardige recycling (Lonneke van Harrewijn, 2021).

Recover (R9)

Bij **Recover (R9)** gaat het om het verbranden van materialen waarbij energie wordt terug gewonnen. Het opwekken van energie via biomassa wordt hierbij als circulair gezien (Lonneke van Harrewijn, 2021).

Circulaire economie een boost geven

Om de circulaire economie een boost te geven is het nodig om circulariteitsstrategieën die hoger op de ladder staan in te zetten. Remanufacture, Refurbish en Repair zijn daarin belangrijke tussenstappen om uit eindelijk te komen bij Reuse, Reduce, Redesign en uiteindelijk Refuse (Lonneke van Harrewijn, 2021).

5.3 Een effectievere manier om de mate van circulariteit te meten

Een effectievere manier om de mate van circulariteit te meten is **door te meten in welke mate de doelen van circulariteit zijn behaald. Het minimaliseren van het gebruik van primaire grondstoffen en produceren van afvalstoffen die alleen nog maar verbrand of gestort kunnen worden, behoort tot de kerndoelstellingen van circulaire economie.** Het ligt dan ook voor de hand om die te meten. Verschillende indicatoren zijn daarvoor bruikbaar. Wat al deze indicatoren verbindt is inzicht in de materiaalstroom: wat is er aan materialen nodig om een product te produceren en te gebruiken (inputkant) en wat komt er aan het eind van de levensduur vrij (outputkant) en wat gebeurt daar dan mee? **Die materiaalstroom kun je aan de inputkant classificeren in primaire, secundaire en hernieuwbare grondstoffen en bij de outputkant als meer of minder hoogwaardig herbruikbaar materiaal, dan wel niet herbruikbaar materiaal.**

De methodologie hiervoor is al bekend, namelijk de Levens Cyclus Analyse (LCA), waarbij een kwantitatieve analyse van de materiaalstromen gedurende de gehele levenscyclus van een product (of project, zoals in de bouw) wordt uitgevoerd, waarna vervolgens de milieueffecten van elk onderdeel van die materiaalstroom door de levenscyclus berekend worden. Het meten van circulariteit kan in één moeite meegenomen worden bij een LCA. Dat neemt niet weg dat er nog wel behoefte is aan het verder door ontwikkelen van indicatoren voor circulariteit. Het circulaire doel 'waarde behoud' bijvoorbeeld kent zowel een materiële als een economische kant, waarvoor nog niet duidelijk is welke indicatoren geschikt zijn om die te meten (Evert Schut, 2019).

5.4 Mogelijkheid ter implementatie in de tool

Zoals hier boven staat beschreven zijn er voorstanders en tegenstanders met betrekking tot de toepassing van het 10-R model als maatstaf voor circulariteit. Hieronder worden de voor en tegens behandeld, evenals de consequenties van de conclusies die hieruit worden getrokken ter implementatie in de tool.

Toegevoegde waarde

De toegevoegde waarde van het 10-R model betreft het duidelijke onderscheid en de voorkeursvolgorde met betrekking tot waarde verwezenlijking. Het 10-R model maakt het op een eenvoudige manier mogelijk om keuzes en toepassingen in ontwerpen te beoordelen, daarnaast is het model een handige checklist tijdens het ontwerpproces voor ontwerpers.

Kantttekeningen

Echter kunnen kanttekeningen gemaakt worden bij de toepasbaarheid van de 10-R ladder als maatstaf voor circulariteit. De beste keuze hangt namelijk niet alleen af van de plaats op de ladder, ook de aard van het product, de 'levensfase' van het product en vooral wat de effecten van deze keuzes zijn spelen een belangrijke rol.

Een effectievere manier om de mate van circulariteit te meten, geformuleerd op basis van de kerndoelstelling van de circulaire economie, is door het meten van de materiaalstromen wat betreft input, output en bijbehorende processen. Die materiaalstroom kun je aan de inputkant classificeren in primaire, secundaire en hernieuwbare grondstoffen en bij de outputkant als meer of minder hoogwaardig herbruikbaar materiaal, dan wel niet herbruikbaar materiaal. Een geschikte bestaande methodologie hiervoor is de LCA.

10 R-ladder als leidraad

Aangezien de 10-R ladder als maatstaf voor circulariteit een vrij eenvoudige toepassingsmogelijkheid is en tevens een overzichtelijke weergave levert van beoordelingen op het gebied van circulariteit, is gekozen de 10-R ladder toe te passen in de tool. Doordat deze methode als maatstaf een hoeveelheid kanttekeningen met zich meebrengt is gekozen deze ladder enkel als leidraad te gebruiken. Dit betekent dat op basis van de 10-R'en indicatoren zullen worden geformuleerd, daarnaast zal bij het formuleren van indicatoren tevens verder worden gekeken naar indicatoren op basis van de input en output van materiaalstromen.

Hoofdstuk 6 – Belangrijke aandachtspunten ter implementatie in de tool

In dit hoofdstuk worden de meest relevante constatering, met betrekking tot de plus- en aandachtspunten van bestaande meetmethoden voor circulariteit, zoals behandeld in 'Hoofdstuk 4 – Bestaande meetmethoden voor circulariteit', opgesomd en toegelicht.

Het doel van deze uitwerking is het vormen van aandachtspunten ter implementatie in de tool, zodat deze tool een relevante en toepasbare methode wordt ter verwerking in het werkveld en tevens zijn toegevoegde waarde aantoont ten opzichte van bestaande methodes. In 'Hoofdstuk 7 -Prototype Clnfra' zal worden toegelicht welk van deze aandachtspunten uiteindelijk zijn geïmplementeerd. In de aanbeveling, 'Hoofdstuk 9 – Conclusie en aanbeveling', zullen verdere toepassingen van een aantal van onderstaande aandachtspunten worden besproken ter optimalisatie van de tool.

6.1 Gecategoriseerde aandachtspunten

6.1.1 Vormgeving tool

- Om het thema circulariteit integraal te behandelen dient het thema breed behandeld te worden; *Hierbij dient middels een onderbouwde beargumentering het thema afgebakend te worden tot de meest relevante aspecten binnen dit thema.*
- Het ontwikkelen van een tool in een MS Excel omgeving wordt als prettig ervaren; *Het aanbrengen van formules en macro's draagt immers bij aan de gebruiksvriendelijkheid van de tool.*
- Het is van belang de opbouw van de score te categoriseren; *Hierdoor ontstaat naast een totaal score voor een project tevens een score voor de specifieke componenten met betrekking tot hun mate van circulariteit.*
- Het heeft voor het algehele overzicht toegevoegde waarde om de indicatoren te koppelen aan een R-waarde; *Dat geeft overzicht. De stelregel daarbij is handig, maar blijft een vuistregel; Hoe hoger op de ladder, hoe beter.*
- Er dient een duidelijk onderscheid gemaakt te worden tussen nieuwbouw projecten sloopprojecten. Zie 'Bijlage 7 – Feedback sessie Clnfra met Harrie van Bommel'. *Eventueel twee tools ontwikkelen.*

6.1.2 Stimulerend vermogen

- Het is van groot belang de tool inclusief de resultaten van projecten transparant te maken; *Het transparant maken van de resultaten van projecten draagt bij aan het stimuleren van kennis deling tussen verschillende partijen, zodat het lerend vermogen van de sector hiermee een impuls krijgt.*
- Het is wenselijk de tool te koppelen aan een materialenmarktplaats om het circulair ontwerpen te stimuleren.

6.1.3 Objectiviteit

- Door de tool middels een continu iteratief proces te ontwikkelen, waarbij de expertises van verschillende stakeholders binnen de infrasector worden verkregen en geïmplementeerd, ontstaat een continu optimaliserende tool; *Tevens zorgt het betrekken van deze stakeholders bij de vervaardiging van de tool voor een brede en actieve betrokkenheid en stimulering onder de doelgroep.*

- Wenselijk is een tool die in een kort tijdsbestek ingevuld kan worden waarbij niet enkel een ruwe indicatie wordt gegeven, maar ook gedetailleerde objectieve informatie weergeeft met betrekking tot de mate van circulariteit van onderdelen in het project, alsmede het gehele project;
- Door de tool door een onafhankelijke partij te laten invullen, en dus niet door de belanghebbende, wordt de kans op fraude weg genomen;
- Om de objectiviteit van de input in de tool te verhogen is het wenselijk gebruik te maken van erkende nationale en internationale databases zoals de NMD-processendatabase en Ecoinvent, welke milieudata bevatten op gedetailleerd niveau over onder andere productieprocessen, energieopwekking en transport;
- Door de tool in de toekomst om te zetten in een keurmerk, waarbij getoetst wordt door meerdere onafhankelijke deskundigen, ontstaat er een bewezen kwaliteit voor het keurmerk;
Echter brengt het verzamelen van informatie door externe deskundigen hoge kosten met zich mee. Tevens neemt het omzetten van de tool in een keurmerk de laagdrempeligheid van de tool weg.

6.1.4 Mondiale/ toekomstige aandachtspunten

- Er dient gekeken te worden naar de samenhang van de tool met de MKI;
De MKI wordt al gebruikt en zal in de korte nabijheid een standaard worden binnen de infrastructuur.
- Het onderscheid aanbrengen tussen bepaalde circulariteitsprincipes is een uitdaging, hier dient aandacht aan geschonken te worden;
Denk aan de volgende principes:
 - *Het onderscheid tussen re-manufacturing en re-use; in theorie is re-use één op één hergebruik, echter zijn hier vaak handelingen aan gekoppeld, denk aan bijvoorbeeld schoonmaak.*
 - *Het onderscheid tussen up-cycling en down-cycling; Asfalt kan in de top laag met een hoge kwaliteit worden hergebruikt, maar het kan ook met een lage kwaliteit als puin worden geïmplementeerd in funderingen.*
- Er dient aandacht te worden geschonken aan de volgende kwesties:
 - Economische aspecten zoals bijvoorbeeld de kosten van logistiek en end-of-life behandeling in vergelijking met de intrinsieke waarde van materialen;
 - de vergelijking tussen de kosten van recycling activiteiten, plus de waarde van secundaire materialen tegen de kosten van nieuw materiaal, plus de waarde van primaire materialen;
 - De locatie en het vervoer van de producten, evenals de bedrijfsmodellen die aan het product zijn gekoppeld.

Hoofdstuk 7 – Prototype Clnfra

De analyseresultaten, die zijn vervaardigd gedurende de analyses van Hoofdstuk 2 tot en met 6, hebben als basis gediend voor het ontwerp van het prototype van de tool Clnfra. Dit bestond uit de volgende analyses: *‘Hoofdstuk 2 – Definitie circulariteit’*, *‘Hoofdstuk 3 – Huidige stand voor het meetbaar maken van circulariteit’*, *‘Hoofdstuk 4 – Bestaande meetmethoden voor circulariteit’*, *‘Hoofdstuk 5 - Het 10 R-model om circulariteit te meten’* en *‘Hoofdstuk 6 - Belangrijke aandachtspunten ter implementatie in de tool’*.

In dit hoofdstuk wordt op basis van deze analyseresultaten onderbouwd hoe de tool is vervaardigd en wordt specifiek ingegaan op de keuze van de vormgeving, indicatoren en het scoringsmechanisme.

7.1 Vormgeving

MS Excel omgeving

Tijdens de analyse naar bestaande meetmethoden voor circulariteit is geconstateerd dat het ontwikkelen van een tool in een MS Excel omgeving als prettig wordt ervaren door de betreffende doelgroep(en). Dit blijkt uit de volgende analyses: *‘4.1 Circulaire Peiler’*, *‘4.11 Ambitieweb’* en *‘4.12 Duurzaamheidsscore Infra-projecten’*.

Naast dat een tool in een Excel omgeving als prettig wordt ervaren draagt het aanbrengen van formules en macro's, dat mogelijk is om aan te brengen binnen een MS Excel omgeving, bij aan de gebruiksvriendelijkheid van de tool. Om deze reden is besloten de tool te ontwikkelen in de MS Excel omgeving.

Thema's

Om het onderwerp circulariteit integraal, maar tevens gestructureerd te behandelen, dient het onderwerp afgebakend te worden evenals de meest relevante thema's binnen het onderwerp circulariteit (W4Y, 2021).

Om deze reden zijn, op basis van de gekozen en afgebakende definitie van circulariteit, de meest relevante thema's geformuleerd waaraan gerelateerde indicatoren zijn gekoppeld. De afgebakende definitie, zoals benoemd in *‘Hoofdstuk 2 – Definitie circulariteit’* luidt als volgt:

2015: “Voor deze economische analyse wordt de circulaire economie gedefinieerd als een economie die meerdere waardecreatie mechanismen biedt die losgekoppeld zijn van het verbruik van eindige hulpbronnen (Figuur 8). Deze definitie is gebaseerd op drie principes: **Behoud en vergroting van natuurlijk kapitaal door eindige voorraden te beheersen en stromen van hernieuwbare hulpbronnen in evenwicht te brengen**, bijvoorbeeld door fossiele brandstoffen te vervangen door hernieuwbare energie of nutriënten terug te geven aan ecosystemen. **Optimaliseer de opbrengst van hulpbronnen door producten, componenten en materialen die in gebruik zijn te allen tijde met het hoogste nut in zowel technische als biologische cycli te laten circuleren**, bijvoorbeeld door producten te delen of in een lus te plaatsen en de levensduur van producten te verlengen. **De effectiviteit van het systeem bevorderen door negatieve externe effecten, zoals water-, lucht-, bodem- en geluidsoverlast aan het licht te brengen en te ontwerpen; klimaatverandering; toxines; ophoping; en negatieve gezondheidseffecten in verband met het gebruik van hulpbronnen**. Er bestaan kleinere noties van de circulaire economie, beperkt tot materiaalhergebruik en soms regeneratie. Maar de moderne economie vereist toepassing van alle drie de principes om de economie opnieuw te integreren in het systeem van onze planeet, wat de ultieme ambitie is van circulair denken. Het toepassen van deze principes betekent dus het creëren van een economie die

herstellend en regeneratief is, die ecosystemen in stand houdt en hun rendement in de loop van de tijd verhoogt, die welvaart creëert en die groei stimuleert door meer waarde te halen uit bestaande infrastructuur en producten”. (Ellen MacArthur Foundation, 2015)

De thema's die vervolgens zijn opgesteld betreffen de volgende vier:

1. Extractie uit bestaande constructie;
2. Hergebruik materiaal;
3. Ontwerpen;
4. Onherbruikbaar materiaal.

Onder deze thema's zijn vervolgens sub-thema's opgesteld, op basis waarvan de indicatoren zijn geformuleerd. In onderstaande figuur, 'Figuur 11 Thema's inclusief sub thema's binnen de Clnfra tool', zijn de thema's en sub thema's schematisch weergegeven.

Thema's inclusief sub thema's binnen de Clnfra tool			
Bestaande constructie	Nieuw constructief ontwerp		
Extractie uit bestaande constructie	Hergebruik materiaal	Ontwerpen	Onherbruikbaar materiaal
<i>Losmaakbaarheid en verbindingstypes</i>	<i>Fysieke verslechtering van het materiaal/ onderdeel</i>	<i>Ontwerpen voor onderhoudsgemak en herstelbaarheid</i>	<i>Scheidbaarheid van het afval</i>
<i>Materiaal vervuiling</i>	<i>Component bestaat uit gestandaardiseerde elementen</i>	<i>Toekomstgericht ontwerp</i>	<i>Technische recyclebaarheid</i>
<i>Afval gegeneerd tijdens de extractie van de constructie</i>	<i>Digitale hulpmiddelen voor het ontwerp</i>	<i>Standaardiseren in de infrastructuur</i>	
<i>Type transport</i>		<i>Communicatie met gebruikers over mogelijkheden tot hergebruik, recycling of afvalscheiding</i>	
<i>Afstand van transport</i>		<i>Componenten in ontwerp met uniforme materialen die makkelijk te vervangen zijn</i>	

Figuur 11 Thema's inclusief sub thema's binnen de Clnfra tool

10-R principe

Gedurende de analyse naar de huidige stand voor het meetbaar maken van circulariteit kwam meermaals naar voren dat het koppelen van indicatoren aan een R-waarde op de 10 R-ladder toegevoegde waarde heeft voor het algehele overzicht (Wetenschapsagenda, 2020). Daarnaast heeft de opdrachtgever, meneer Wienk, aangegeven dit een verstandig principe te vinden om te implementeren in de tool ter categorisering van de indicatoren.

Om deze reden is besloten de indicatoren, waar mogelijk, te koppelen aan een R op de 10-R ladder. Op deze wijze vindt er een bepaalde vorm van categorisering plaats en wordt tevens de mate van circulariteit inzichtelijk, dit heeft daaropvolgend invloed op de wegingsfactoren van de indicatoren.

Onderscheidt tussen nieuwbouw- en sloopprojecten

Gedurende een feedback sessie met Harrie van Bommel, hoofddocent/ onderzoeker Circulaire innovaties bij Hogeschool Saxion, kwam naar voren dat er een duidelijk onderscheidt gemaakt dient te worden tussen nieuwbouw en sloopprojecten. Voor de aantekeningen die zijn gemaakt op basis van de feedback van meneer van Bommel wordt verwezen naar *'Bijlage 7 – Feedback sessie Clnfra met Harrie van Bommel'*.

Om deze reden is besloten een beslissingsboom aan te brengen in de tool waarbij op basis van de keuze voor nieuwbouwproject of voor sloopproject bepaalt welke relevante criteria ingevuld dient te worden.

7.2 Indicatoren

Er zijn al tal van indicatoren voor circulariteit maar de meesten houden wel rekening met de basics. Echter kan er ook gekeken worden naar hoeveel materiaal na de gebruiksfase gestort wordt en of (nieuwe) componenten makkelijk te hergebruiken en wat de losmaakbaarheid van de nieuwe componenten is. Naast materiele indicatoren kan ook gekeken worden naar bijvoorbeeld samenwerking in de keten, Spinners van cirkelstad, of er circulair aanbesteed wordt, en of er een materiaalpaspoort aanwezig is (Wetenschapsagenda, 2020).

Daarnaast dienen de indicatoren relevant te zijn op basis van de afbakening van de definitie van circulariteit, zoals benoemd in *'7.1 Vormgeving, Thema's', als mede de thema's en sub thema's, zoals weergegeven in 'Figuur 11 Thema's inclusief sub thema's binnen de Clnfra tool'*. Voor een volledige onderbouwing van de gekozen indicatoren wordt verwezen naar *'Bijlage 8 – Handleiding Clnfra, Hoofdstuk 5 – Toelichting van de indicatoren'*.

7.3 Scoringsmechanisme

Om tot een goede berekening en een objectieve totaalscore te komen is het van belang de opbouw van de score te categoriseren, waaronder de materiaalstromen uitsplitsen tot mono-stromen (Wetenschapsagenda, 2020). Dit houdt in dat de specifieke componenten afzonderlijk van elkaar gescoord dienen te worden ten behoeve van de eindscore.

Op basis van deze bevinding is gekozen dat als input voor de tool een decompositie dient te worden opgesteld van het betreffende ontwerp dat wordt gemeten op de mate van circulariteit. Dit betekend dat voor alle specifieke componenten, die zich in een ontwerp of object bevinden, specificaties bepaald moeten worden. Hieronder vallen de volgende specificaties: de naam van het component, het type materiaal, de hoeveelheid en bijbehorende eenheid. Vervolgens kunnen alle afzonderlijke specifieke componenten gescoord worden, evenals de totale eindscore voor het gehele project.

Voor een verdere toelichting op de specifieke inhoud, opbouw en werking van de tool wordt verwezen naar *'Bijlage 8 – Handleiding Clnfra'*.

Hoofdstuk 8 – Testen prototype Clnfra

Om de tool te controleren op zijn functionaliteit zijn een aantal testen uitgevoerd. Deze testen hebben als doel de functionaliteit van de tool te optimaliseren, evenals de toegevoegde waarde en de gebruiksvriendelijkheid van de tool. In dit hoofdstuk worden de bevindingen van de testen toegelicht.

8.1 Specificaties test

Als strategie is gekozen de tool zowel intern, binnen de projectgroep, als daarbuiten, door een externe partij, te laten testen. Aangezien voor het testen het project van de afwaardering van de oude N18 te Haaksbergen, afkomstig van Stegehuis Infra, wordt gebruikt, zal Stegehuis Infra als externe partij de tool testen.

Zoals gezegd is de test uitgevoerd op het project: “afwaardering oude N18 te Haaksbergen”. De N18 is een niet-autosnelweg gelegen tussen Enschede en Varsseveld die in 2018 is opgeleverd. Met de komst van de N18 is het oude tracé over gedimensioneerd. Dit houdt in dat het oude tracé gebouwd is op een hogere verkeersintensiteit en snelheid dan waarvoor die op dit moment wordt gebruikt. Doordat het oude tracé wordt afgewaardeerd wordt de snelheid verlaagd en is het niet meer nodig om de snelheden en richtingen te scheiden door middel van een viaduct. Dit betekent dat het viaduct, ter plaatse van de Koningin Wilhelminastraat – Buurserstraat, een gelijkvloerse kruising wordt.

De test van het prototype wordt op zowel het bestaande viaduct uitgevoerd, om vrijkomende materialen op circulariteit te beoordelen, als op het nieuwe ontwerp waarin een gelijkvloerse kruising wordt gerealiseerd, om circulariteit in nieuwe ontwerpen te meten en stimuleren.

Stegehuis infra heeft de bouwtekening van het viaduct uit 1959 aangeleverd ten behoeve van het testen van de bestaande situatie. Deze tekeningen zijn opgenomen in ‘*Bijlage 9 – Bouwtekeningen 1959 viaduct*’. Voor het beoordelen van de nieuw te realiseren kruising wordt het voorlopige ontwerp gebruikt. Deze is opgenomen in ‘*Bijlage 10 Voorlopig ontwerp kruising*’.

De tekeningen van de huidige situatie en de toekomstige situatie vormen de basis voor de test. Echter dient voor dat getest kan worden een decompositie opgesteld te worden van de bouwtekening en het voorlopig ontwerp. Een decompositie is een overzicht van alle onderdelen die zich in een ontwerp of object bevinden. Deze decompositie is noodzakelijk voor het testen van de tool, aangezien alle materialen en onderdelen die zich in een object bevinden getest dienen te worden. Alle onderdelen dienen afzonderlijk getest te worden ten behoeve van de eindscore over het gehele ontwerp. De opgestelde decomposities voor de bouwtekening uit 1959 en het voorlopige ontwerp zijn opgenomen in ‘*Bijlage 11 – Decompositie bouwtekeningen viaduct 1959*’ en ‘*Bijlage 12 – Decompositie voorlopig ontwerp kruising*’.

8.2 Test prototype door projectgroep

Allereerst is het prototype door de projectgroep getest. Zoals aangegeven in ‘*Paragraaf 8.1 Specificaties test*’, zijn de decomposities van de tekeningen de input in de tool. Deze uitgevoerde decomposities, waarin onder andere de toegepaste materialen zijn gedefinieerd, is in het eerste blad van Excel opgenomen.

Vervolgens is op basis van deze input de tool ingevuld. Hiervoor diende als eerste in blad 2 de Decision gate te worden ingevuld. Deze eerste Decision gate zorgt voor een tweedeling tussen grondstoffen en tweedehands materialen. De Decision gate fungeert als doorverwijzer naar de volgende Decision gate of de verwijzing naar de relevante criteria die beoordeeld dient te worden op basis van een set vragen. Via

de laatste Decision Gate wordt de set met vragen bereikt, gekoppeld aan de relevante criteria, die beantwoord dienen te worden.

De vragen dienen beantwoord te worden met een '1', indien deze antwoord optie van toepassing is als het niet van toepassing is dient het opengelaten te worden. Hieruit worden vervolgens automatisch punten uitgerekend, die vervolgens samen de uitslag voor een specifiek onderdeel van de decompositie bepalen. Het puntentotaal levert een score op geclassificeerd in A t/m F, waarin A het meest circulair is en F het minst circulair. Afhankelijk van de gemaakte keuzes bij de Decision Gates is het totaal te behalen punten verschillend, echter heeft dit geen invloed op de manier waarop geschaald wordt, dit is naar verhouding.

In de resultaten kolom wordt de decompositie automatisch overgenomen, echter dient tot op heden wel handmatig per onderdeel de score A t/m F ingevuld te worden met de punten. Indien alle onderdelen uit de decompositie zijn voorzien van punten en scores, wordt een totaalscore van het object gemaakt.

Op basis van de huidige situatie is door de projectgroep, middels de tool, een score D vastgesteld. De resultaten van de score van de huidige situatie zijn weergegeven in 'Figuur 12 Uitslag test huidige viaduct'. De resultaten van de testen, uitgevoerd door de projectgroep, zowel de huidige als van de toekomstige situatie, zijn opgenomen in 'Bijlage 13 – Uitslag test huidige viaduct' en 'Bijlage 14 – Uitslag test nieuwe ontwerp kruising'.

Project results		
		A
		B
Total points	3735	C
Count of components	22	D
Points average	169,8	E
		F
Scoring index	D	G

Figuur 13 Uitslag test huidige viaduct

Project results		
		A
		B
Total points	501	C
Count of components	6	D
Points average	83,5	E
		F
Scoring label	E	G

Figuur 12 Uitslag test nieuwe ontwerp kruising

Het nieuwe ontwerp heeft daarentegen een C score gekregen, zoals weergegeven in 'Figuur 13 Uitslag test nieuwe ontwerp kruising'. Echter valt het gelijk op dat het score label E wordt aangegeven i.p.v. C. dit komt doordat in het label getoetst wordt op een maximale puntenscore van 350. Echter is dit puntenaantal alleen representatief voor te verwijderen objecten. Als gekeken wordt naar de score die voor nieuwe ontwerpen gelden is het maximale te behalen punten 140 en dan scoort het nieuwe ontwerp een C. Dit is een fout in de Excel automatisering, dit dient aangepast te worden bij verdere optimalisatie van de tool.

Bevindingen test

Het uitvoeren van de twee testen door de projectgroep heeft geleid tot een aantal bevindingen. Deze worden hieronder toegelicht.

- De eindscore wordt gegeven op een te slopen object, indien een nieuw ontwerp getest wordt krijgt deze het verkeerde label.
- Het kost tijd om elk onderdeel, die in de decompositie uiteen is gezet, te scoren met de tool en om deze handmatig te verwerken;
 - Het toevoegen van een knop waarmee alle ingevulde opties, na het bepalen van de scores per onderdeel, gerest worden draagt bij aan het reduceren van handelingen en daarmee de invultijd.

- + De manier waarop de score visueel wordt gemaakt is duidelijk. In één oogopslag is voor iedereen duidelijk in welke mate een onderdeel of een geheel project duurzaam is.
- + Het invullen van de tool is logisch door het aanbrengen van de Decision Gates.

8.3 Test prototype door Stegehuis infra

Nadat het prototype is getest door de projectgroep heeft Stegehuis infra het prototype getest. Om Stegehuis de beide ontwerpen te laten testen, is gezien de korte beschikbaarheid te tijdsintensief. Om deze reden is gekozen voor beide ontwerpen vier onderdelen te laten testen.

Voordat door Stegehuis de test kon worden uitgevoerd is vanuit de projectgroep een toelichting gegeven over de werking van de tool. Hierna hebben Jeroen Stegehuis en Susan Groenia de tool ingevuld voor de vooraf afgesproken onderdelen.

Tijdens het invullen van de tool is geobserveerd dat de eindresultaten van de ingevulde onderdelen allen overeenkwamen met de resultaten van de projectgroep. Naast het observeren van het invulproces is er gevraagd naar feedback vanuit Stegehuis. Deze feedback wordt hieronder opgesomd en toegelicht.

- De onderdelen worden nu als gelijkwaardig beoordeeld in de totale eindscore van een project. De hoeveelheden, die immers tijdens de decompositie zijn bepaald, dienen meegenomen te worden;
 - Het aantal indicatoren dat ingevuld dient te worden is afhankelijk van een beslisboom/ tweetal beslisbomen, waardoor het maximaal aantal te behalen punten per specifiek component kan verschillen. Echter heeft dit op dit moment nog invloed op het label dat er aan gehangen wordt, die is nog niet naar verhouding met het maximaal te behalen punten. Dit dient dus aangepast te worden;
 - Het toepassen van normen met betrekking tot hergebruik van materiaal zal toegepast moeten worden om de daadwerkelijke circulariteit te meten;
 - Waste materiaal moet worden uitgevoerd met minder criteria aangezien je niet kan inschatten of 5 of 2 % naar de vuilstort wordt gebracht;
 - Er moet duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen hergebruik en recyclen, aangezien deze termen in de praktijk door elkaar worden gehaald;
 - Digital Twin is niet relevant, een technische omschrijving, materialenpaspoort en certificaten van het materiaal passen beter bij de vraag over digital support;
 - De vragen set voor een nieuw ontwerp dient uitgebreid te worden. Momenteel is de vragen set erg kort en ontbreken er onderdelen;
 - Modulair is een lastig woord in de praktijk, probeer dit anders te verwoorden;
 - De eindscores in delen in 51, 101 en 151 ziet er gek uit, 50, 100 en 150 lijkt beter;
 - Raw material moet niet gebruikt worden, dit doet namelijk denken aan grondstoffen in plaats van nieuwe materialen;
 - Het is tijdrovend om elk materiaal stuk voor stuk te beoordelen om vervolgens een eindconclusie te geven.
- + De tool is na uitleg makkelijk te begrijpen en in te vullen;
 - + De tool geeft een duidelijk beeld over de score door het gebruik van de klassen A t/m F.

Hoofdstuk 9 – Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de vraag: *‘Wat is er nodig om een eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare methode te creëren om circulariteit te meten binnen de infrastructuur in de verschillende fases van de projectontwikkeling?’*

En op welke manier kunnen hierin de verschillende stakeholders, overheden en ondernemers, die betrokken zijn bij de projectontwikkeling binnen de infrastructuur en leefomgeving, gestimuleerd worden om met behulp van deze methode de gewenste transitie binnen de circulaire economie te bewerkstelligen?’

Uit de resultaten naar de huidige situatie, voor wat betreft het meetbaar maken van circulariteit binnen de infrastructuur, is gebleken dat er nog geen eenduidige manier is gevonden om circulariteit te meten, maar er al wel genoeg methoden zijn die richting kunnen geven. Uit de analyse naar bestaande meetmethoden voor circulariteit, *‘Hoofdstuk 4 – Bestaande meetmethoden voor circulariteit’* en *‘Hoofdstuk 6 – Belangrijke aandachtspunten ter implementatie in de tool’*, is vervolgens gebleken dat voor een eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare methode een aantal aspecten van groot belang zijn.

Zo dient als eerste, voor het creëren van een eenduidige meetmethode, het begrip circulariteit eenduidig te worden gedefinieerd, evenals de bijbehorende thema’s en aspecten, zodat er een duidelijke basis en afbakening ligt voor de tool. Daarnaast heeft het koppelen van indicatoren aan de 10-R ladder toegevoegde waarde voor het creëren van overzicht en eenduidigheid. Evenzeer dient er voor het creëren van een eenduidige meetmethode gekeken te worden hoe de tool kan worden gekoppeld aan de MKI, aangezien de MKI in de korte nabijheid een standaard binnen de infrastructuur zal worden. Als laatste dient aandacht te worden geschonken aan het aanbrengen van een duidelijk onderscheid tussen de principes re-manufacturing en re-use en de principes up-cycling en down-cycling, dit blijkt een hele uitdaging.

Voor het creëren van een tool die naast eenduidig ook objectief is zijn een aantal aspecten van belang. Zo is het verstandig de tool middels een continu iteratief proces te ontwikkelen, waarbij expertises van verschillende stakeholders binnen de infrasector worden verkregen en geïmplementeerd, waardoor een continu optimaliserende tool ontstaat. Om de objectiviteit van de tool te verhogen is het tevens wenselijk gebruik te maken van erkende nationale en internationale databases welke gedetailleerde milieudata bevatten. Daarnaast is er de mogelijkheid om de tool in de toekomst om te zetten in een keurmerk, waarbij getoetst wordt door meerdere onafhankelijke deskundigen, om een bewezen kwaliteit te garanderen voor het keurmerk. Dit neemt echter wel de laagdrempeligheid van de tool weg.

Uit de analyse naar bestaande methoden, voor wat betreft het creëren van een eenvoudig toepasbare methode, is naar voren gekomen dat het wenselijk is om een tool te ontwikkelen die in een kort tijdsbestek ingevuld kan worden, waarbij niet enkel een ruwe indicatie wordt gegeven, maar ook gedetailleerde objectieve informatie weergeeft met betrekking tot de mate van circulariteit van onderdelen in het project, alsmede het gehele project. Daarnaast wordt geconcludeerd dat het ontwikkelen van een tool in een MS Excel omgeving als prettig wordt ervaren. Het aanbrengen van automatische formules en macro’s draagt immers bij aan de gebruiksvriendelijkheid.

Naast de daadwerkelijke ontwikkeling van een eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare meetmethode om circulariteit te meten binnen de infrastructuur, dient de tool het doel, tot het actief stimuleren van de verschillende stakeholders binnen de infrasector ten behoeve van de circulaire economie, te bewerkstelligen. Hiertoe zijn een aantal aspecten van belang. Ten eerste is het van groot

belang de tool inclusief de resultaten van projecten transparant te maken. Dit draagt bij aan het stimuleren van kennisdeling tussen verschillende partijen, waardoor het lerend vermogen van de sector een impuls krijgt. Daarnaast draagt het actief betrekken van stakeholders bij de vervaardiging van de tool, middels het iteratieve proces, bij aan een brede en actieve betrokkenheid en stimulering onder de doelgroep richting de transitie naar een circulaire economie. Als laatste is het wenselijk de tool te koppelen aan een materialenmarktplaats om het circulair ontwerpen te stimuleren.

Hoofdstuk 10 – Discussie

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van zowel kwalitatief als kwantitatief onderzoek. Voor het kwalitatieve onderzoek is er literatuuronderzoek uitgevoerd evenals het houden van interviews. Het literatuuronderzoek is uitgevoerd ten behoeve van het formuleren en afbakenen van de definitie van circulariteit, alsook het onderzoek naar de huidige stand voor het meetbaar maken van circulariteit binnen de infrastructuur, inclusie bestaande meetmethoden van circulariteit. Hierbij is, waar mogelijk, gebruik gemaakt van wetenschappelijke bronnen en daarnaast van websites en rapporten. Bij het gebruik van websites is gelet op de achtergrond van de auteur, de publicatiedatum en de context van de bron. Bij het gebruik van rapporten is enkel gebruik gemaakt van universitaire onderzoeksrapporten. Het soort interview dat gedurende dit onderzoek is toegepast betreft een expertinterview. Dit betreft het interview met professor Dr. André Nijhof, 'Bijlage 4 – Interview professor Dr. André Nijhof', ten behoeve van het vergaren van specialistische kennis over het onderzoek naar de Duurzaamheidsscore Infra-projecten, waar professor Dr. André Nijhof immers als onderzoeker aan heeft deelgenomen.

Als kwantitatief onderzoek is gebruik gemaakt van observaties, dit heeft plaatsgevonden gedurende de testfase. Er is gebruik gemaakt van ongestructureerde observatie om het gedrag van de externe testers, Stegehuis, in het gebruik van de tool te observeren. Daarnaast is om feedback gevraagd om zoveel mogelijk kennis op te doen ten behoeve van de optimalisatie van de tool. Op basis hiervan kan gesteld worden dat bij een herhaling van dit onderzoek, de resultaten, betrekking hebbende op het kwalitatieve onderzoek, hetzelfde zouden zijn en dat daarmee de resultaten van dit onderzoek valide zijn.

Uit de resultaten die zijn verkregen gedurende dit onderzoek is antwoord gegeven op de vraag wat er nodig is om een eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare methode te creëren om circulariteit te meten binnen de infrastructuur, zoals geformuleerd in 'Hoofdstuk 9 – Conclusie'. Echter dient er bij deze conclusie, die gericht is op de ontwikkeling van de Clnfra tool, kritisch te worden gekeken naar de juiste toepassing en samenhang in de tool om daadwerkelijk de tool aan deze specificaties te laten voldoen, met als doel het actief stimuleren van de verschillende stakeholders binnen de infrasector.

Hierbij moet wel rekening worden gehouden dat dit onderzoek zich uitsluitend heeft gefocust op het vaststellen van de benodigdheden voor het ontwikkelen van een eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare methode voor het meten van circulariteit binnen de infrastructuur; en het vaststellen van de benodigdheden voor het actief stimuleren van de verschillende stakeholders binnen de infrasector richting de circulaire economie. Dit in combinatie met het ontwikkelen van een prototype Clnfra tool om de vergaarde constatering, voor zover realistisch is geweest binnen de periode van dit onderzoek, te implementeren.

Hiermee is het advies voor vervolgonderzoek/ optimalisatie van de tool dan ook om onderzoek uit te voeren naar het ondervinden van de juiste toepassingen en samenhang van de benodigde aspecten, zoals benoemd in 'Hoofdstuk 9 – Conclusie', voor een optimaal werkende eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare methode voor het meten van circulariteit binnen de infrastructuur. Daarnaast dienen de belangrijke aspecten, zoals benoemd in 'Hoofdstuk 6 – Belangrijke aandachtspunten ter implementatie in de tool', en testresultaten, 'Hoofdstuk 8 – Testen prototype Clnfra', geïmplementeerd te worden. Voor de uitgebreide aanbeveling wordt verwezen naar 'Hoofdstuk 11 – Aanbeveling'.

Hoofdstuk 11 – Aanbeveling

Zoals aangegeven in ‘Hoofdstuk 9 – Conclusie’ zijn er voor het creëren van een eenduidige, objectieve en eenvoudig toepasbare methode voor het meten van circulariteit binnen de infrastructuur verschillende aspecten van groot belang ter implementatie in de tool. Echter is het, gezien de geringe beschikbare tijd van dit onderzoek, niet mogelijk geweest al deze bevindingen ook daadwerkelijk te implementeren in de prototype van de Clnfra tool. Dit betekent dat de tool nog verder geoptimaliseerd kan worden op bepaalde aspecten. Deze worden hieronder behandeld en toegelicht.

Werking/ specificaties tool

Gedurende de testfase, ‘Hoofdstuk 8 – Testen prototype Clnfra’ zijn een aantal gebreken/ tekortkomingen in de tool ondervonden die aangepast/ toegevoegd dienen te worden, dit betreffen de volgende:

- Iedere specifieke component die gedurende de decompositie uiteen is gezet dient momenteel handmatig te worden verwerkt door alle Sheets af te gaan en vervolgens handmatig de score te registreren op ‘Sheet 5 – Resultaten’;
 - Door het implementeren van een knop waarmee alle ingevulde opties, na het bepalen van de score per specifiek component, gerest worden draagt bij aan het reduceren van handelingen en daarmee de invultijd.
- Het aantal indicatoren dat ingevuld dient te worden is afhankelijk van een beslisboom/ tweetal beslisbomen, waardoor het maximaal aantal te behalen punten per specifiek component kan verschillen. Echter heeft dit op dit moment nog invloed op het label dat er aan gehangen wordt, die is nog niet naar verhouding met het maximaal te behalen punten;
 - In de tool dient op basis van de keuzes die worden gemaakt bij de beslisboom/ beslisbomen automatisch rekening te worden gehouden met het maximaal aantal te behalen punten, waardoor een realistische score ontstaat voor de specifieke componenten.
- In de totale eindscore van een project worden de specifieke componenten als gelijkwaardig beschouwd, dit betekent dat de totale eindscore wordt bepaald op basis van gelijkwaardigheid van de individuele scores van de specifieke componenten. Dit geeft een onrealistische totale eindscore voor een totaal project;
 - In de tool dienen de hoeveelheden van de materialen, die immers tijdens de decompositie zijn bepaald en geregistreerd op ‘Blad 0 – Lijst van componenten’, meegenomen te worden in het bepalen van de eindscore, zodat deze een realistische en objectieve weergave geeft van de mate van circulariteit van het totale project.
- Als input voor de score wordt een decompositie opgesteld, echter wordt dit momenteel door de belanghebbende van de score gedaan. Dit is fraudegevoelig en tevens minder objectief doordat verschillende bronnen worden gebruikt voor de specificaties van de specifieke componenten;
 - Tijdens de decompositie, die als input dient voor de tool en de score, dient, voor het vaststellen van de specificaties van de afzonderlijke componenten, gebruikt te worden gemaakt van erkende nationale en internationale databases zoals de NMD-processendatabase en Ecoinvent, welke milieudata bevatten op gedetailleerd niveau over onder andere productieprocessen, energieopwekking en transport. Dit verhoogt de objectiviteit van de score.
- Er worden momenteel nog geen normen met betrekking tot hergebruik van materiaal toegepast;

- Het toepassen van normen met betrekking tot hergebruik van materiaal zal toegepast moeten worden om de daadwerkelijke circulariteit te meten.
- De MKI maakt momenteel nog geen onderdeel uit van de tool;
 - Er dient gekeken te worden naar de samenhang van de MKI met de tool en de mogelijkheid tot het verwerken van de MKI in de tool. De MKI wordt al gebruikt binnen de infrasector en zal in de korte nabijheid een standaard worden binnen de infrastructuur.
- Er is nog geen connectie tussen de tool en een materialenmarktplaats;
 - Om het circulair ontwerpen te stimuleren en laagdrempeliger te maken dient de tool te worden gekoppeld aan een materialenmarktplaats. Hierdoor wordt het mogelijk de vrijkomende materialen van bestaande situaties, die in de Clnfra tool worden getest, sneller een nieuwe functie te geven in een nieuw ontwerp.
- Aangezien de Clnfra tool momenteel nog een prototype betreft, zijn de tool en de resultaten van geteste projecten nog niet openbaar/ transparant.
 - Indien de tool daadwerkelijk binnen de infrasector zal worden gebruikt dienen de resultaten geteste projecten transparant te worden gemaakt. Dit draagt bij aan het stimuleren van kennis deling tussen verschillende partijen, zodat het lerend vermogen van de sector hiermee een impuls krijgt.

Verder te onderzoeken principes voor implementatie

Gezien de geringe tijd die voor dit onderzoek beschikbaar is gesteld is het niet mogelijk geweest om bepaalde principes, die immers van groot belang zijn binnen de circulaire economie, grondig te onderzoeken, om vervolgens te implementeren in de tool. Voor verder onderzoek wordt aangeraden de volgende principes grondig te onderzoeken en te implementeren in de Clnfra tool:

- Er wordt ondervonden dat er meermaals geen gemeenschappelijke taal wordt gesproken omtrent het onderwerp circulariteit inclusief haar sub thema's. Waaronder ook het gebrek aan eenduidigheid over de definities van de 10-R'en op de 10 R ladder.
 - Het lexicon van CB'23 kan helpen een gemeenschappelijke taal te spreken;
- Het onderscheid tussen re-manufacturing en re-use; in theorie is re-use één op één hergebruik, echter zijn hier vaak handelingen aan gekoppeld, denk aan bijvoorbeeld schoonmaak;
- Het onderscheid tussen up-cycling en down-cycling; Asphalt kan in de toplaag met een hoge kwaliteit worden hergebruikt, maar het kan ook met een lage kwaliteit als puin worden geïmplementeerd in funderingen;
- Economische aspecten zoals bijvoorbeeld de kosten van logistiek en end-of-life behandeling in vergelijking met de intrinsieke waarde van materialen;
- de vergelijking tussen de kosten van recycling activiteiten, plus de waarde van secundaire materialen tegen de kosten van nieuw materiaal, plus de waarde van primaire materialen;
- De locatie en het vervoer van de producten, evenals de bedrijfsmodellen die aan het product zijn gekoppeld.

Bibliografie

- Alba Concepts. (2021, 12 1). *Alba Concepts*. Retrieved from Alba Concepts: <https://albaconcepts.nl/building-circularity-index/#slide-4-informatie>
- Allwood, J., Ashby, M., Gutowski, T., & Worrel, E. (2011). Resources, Conservation and Recycling. *Material efficiency: A white paper*, pp. 362-381.
- Anderson, M. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainable Science*, 133-140.
- André Nijhof en Sacha Spoor. (2021). *Pilot studie opdrachtgevers*. Breukelen: Nyenrode Business Universiteit.
- André Nijhof, Sacha Spoor, Erik Kok. (2020). *Op weg naar duurzame infraprojecten*. Breukelen: Nyenrode Business Universiteit.
- Augustsson, A., Störme, L., Karlsson, A., & Amneklev, J. (2017). Persistent Hazardous Waste and the Quest Toward a Circular Economy: The Example of Arsenic in Chromated Copper Arsenate-Treated Wood. *Journal of Industrial Ecology*, 689-699.
- Bakker, C., Wang, F., Huisman, J., & Hollander, M. d. (2014). Products that go round: exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, 10-16.
- BCG. (2019). *Lead the Circular Economy with CIRCelligence*. Retrieved from BCG: Lead the Circular Economy with CIRCelligence
- BREEAM-NL. (2021). *Wat is BREEAM-NL*. Retrieved from www.breeam.nl: <https://www.breeam.nl/wat-is-breeam-nl-1>
- BV, L. M. (2020). *Achtergrondrapportage Circulaire Peiler van de Grebbedijk*. Nieuwegein: Waterschap Vallei en Veluwe.
- Circular Academy. (2013). *Circular Economy: some definitions*. Retrieved from Circular Academy: <http://www.circular.academy/circular-economy-some-definitions/>
- circularitycalculator. (2021, 12 1). *circularitycalculator*. Retrieved from circularitycalculator: <http://www.circularitycalculator.com/#top>
- Dajian, Z. (2008). Background, Pattern and Policy of China for Developing Circular Economy. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 3-8.
- Davis, G., & Hall, J. (2006). *Circular Economy Legislation - The International Experience*.
- DGBC. (2021). *Circulariteit is meetbaar met BREEAM-NL Nieuwbouw 2020*. Retrieved from www.breeam.nl: file:///C:/Users/mirte/Downloads/Whitepaper%20BREEAM-NL_Circulariteit%20is%20meetbaar%20met%20BREEAM-NL%20Nieuwbouw%202020.pdf
- DGBC. (2021, maart 23). *Wil je met circulariteit aan de slag, dan is dit de meest actuele standaard*. Retrieved from www.breeam.nl: <https://www.breeam.nl/nieuws/wil-je-met-circulariteit-aan-de-slag-dan-is-dit-de-meest-actuele-standaard-6091>

- DuurzaamGWW. (2021). *Gebruik van het Ambitieweb in de Aanpak Duurzaam GWW*. Retrieved from www.duurzaamGWW.nl: <https://www.duurzaamGWW.nl/ambitieweb/>
- DuurzaamGWW. (2021). *www.duurzaamGWW.nl*. Retrieved from Ambitieweb: <https://www.duurzaamGWW.nl/ambitieweb/>
- Duurzaamheid.nl. (n.d.). *Global Sustainable Enterprise System (GSES)*. Retrieved from Duurzaamheid.nl: <https://duurzaamheid.nl/profielen/global-sustainable-enterprise-system-gses/>
- Duurzaamheidscertificering. (2021). *BREEAM Nederland*. Retrieved from www.duurzaamheidscertificering.nl: https://duurzaamheidscertificering.nl/diensten/breeam-nederland?gclid=Cj0KCQIAk4aOBhCTARIsAFWFP9HtRdTokXxjeyN1CDrGz-HeqHeBhLriD786kdiqNANLyWKEB1XdPnYaAqNQEALw_wcB
- Ecopreneur. (2021, 11 30). *Circularity check*. Retrieved from ecopreneur.eu: <https://ecopreneur.eu/circularity-check-landing-page/>
- Ecopreneur.eu. (2021, 11 29). *about Ecopreneur.eu* . Retrieved from ecopreneur.eu: <https://ecopreneur.eu/>
- Ecopreneur.eu. (n.d.). *The Circularity Check: Explanation*. Retrieved from [Ecopreneur.eu](http://ecopreneur.eu): <https://ecopreneur.eu/circularity-check-landing-page/the-circularity-check-explanation/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Circular Economy Overview*. Retrieved from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>
- Ellen MacArthur Foundation. (2014). *Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains*. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *Intelligent Assets: Unlocking the Circular Economy Potential*. Retrieved from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Intelligent_Assets_080216.pdf
- Ellen MacArthur Foundation. (2012). *Towards the circular economy: Economy and business rationale for an accelerated transition*. Retrieved from <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>
- Ernes, M. (2021, 11 29). *TNO New method help businesses* . Retrieved from TNO: <https://www.tno.nl/en/tno-insights/articles/new-method-helps-businesses-make-their-products-circular/>
- European Circular Economy Stakeholder Platform. (n.d.). *Workshop on Circularity Check: how circular is your product service?* Retrieved from European Circular Economy Stakeholder Platform: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/news-and-events/all-events/workshop-circularity-check-how-circular-your-product-or-service>

- European Commission. (2018, November 22). *Environment - Circular Economy Action Plan*. Retrieved from European Commission : https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en
- Evert Schut. (2019, februari 21). *Is de 'R-ladder' geschikt als meetinstrument voor de circulaire economie*. Retrieved from www.nieuwsbriefmilieueconomie.nl: https://www.nieuwsbriefmilieueconomie.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=703:is-de-r-ladder-geschikt-als-meetinstrument-voor-de-circulaire-economie&catid=43&Itemid=131
- Eyckmans, J., García-Barragán, J., & Rousseau, S. (2018). Defining and measuring the circular economy: A mathematical approach. *IECOMAT (Integrated economic modeling of material flows)*.
- Fimke Duursma. (2020, september 30). *Circulaire Peiler: een scoremodel voor circulariteit*. Retrieved from www.circulairebouweconomie.nl: <https://circulairebouweconomie.nl/interview/circulaire-peiler-een-scoremodel-voor-circulariteit/>
- Foundation, E. M. (2013). *Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains*. Retrieved from https://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf
- Geng, Y., & Doberstein, B. (2008). Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving "leapfrog development". *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 231-239.
- Geng, Y., Zhang, P., Côté, R., & Fuijta, T. (2009). Assessment of the National Eco-Industrial Park Standard for Promoting Industrial Symbiosis in China. *Journal of Industrial Ecology*, 15-26.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 11-32.
- GSE. (2021, 12 1). *GSE*. Retrieved from GSE: <https://www.gse-standard.com/>
- Handelbouwadvies. (2021). *MPG Berekening - Ontwerp tips en tricks*. Retrieved from www.handelbouwadvies.nl: <https://www.handelbouwadvies.nl/mpg-berekening/mpg-ontwerp-tips-en-tricks/>
- Holland Circulair Hotspot . (2021, 11 29). *About Us*. Retrieved from Holland: <https://hollandcirculairhotspot.nl/about-us/>
- Hollander, M. d., Bakker, C., & Hultink, E. (2017). Product Design in a Circular Economy: Development of a Typology of Key Concepts and Terms. *Journal of Industrial Ecology*, 517-525.
- Linder, M., Sarasini, S., & Loon, P. v. (2017). A Metric for Quantifying Product-Level Circularity . *Journal of Industrial Ecology*, 545-558.
- Lonneke van Harrewijn. (2021, juli 28). *Circulaire economie – een stukje theorie om de praktijk toe te lichten*. Retrieved from www.qsn.nl: <https://www.qsn.nl/blogs/circulaire-economie-een-stukje-theorie-om-de-praktijk-toe-te-lichten/>

- Luximprove. (2021). *Wat is het BREEAM Duurzaamheidskeurmerk*. Retrieved from [www.luximprove.com: https://www.luximprove.com/kennisbank/subsidie-regelgeving/82/wat-is-het-breaam-duurzaamheidskeurmerk](https://www.luximprove.com/kennisbank/subsidie-regelgeving/82/wat-is-het-breaam-duurzaamheidskeurmerk)
- Madaster. (2021). *Madaster Circularity Indicator explained*. Utrecht: Madaster Services BV.
- Madaster. (2022). *www.madaster.nl*. Retrieved from Madaster - Het materialen kadaster: <https://madaster.nl/>
- Madaster Service B.V. (2021, 12 1). *Madaster Circularity Indicator explained*. Retrieved from Madster.nl: https://docs.madaster.com/files/Madaster_Circularity_Indicator_explained_v1.1.pdf
- Milieudatabase. (2021). *Milieudata*. Retrieved from [www.milieudatabase.nl: https://milieudatabase.nl/milieudata/](https://milieudatabase.nl/milieudata/)
- Milieudatabase. (2021). *Milieuprestatieberekening*. Retrieved from [www.milieudatabase.nl: https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/milieuprestatieberekening/](https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/milieuprestatieberekening/)
- Ness, D., & Xing, K. (2017). Toward a Resource-Efficient Built Environment: A Literature Review and Conceptual Model. *Journal of Industrial Ecology*, 572-592.
- Nijhof, A. (2021, November 24). Interview Duurzaamheidsscore Infraprojecten. (K. Holsappel, Interviewer)
- Ommen, M. v. (n.d.). *Predicting Environmental Impact with Next Generation Impact Assessment*. Retrieved from TNO: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/circular-economy/impact-assessment/>
- Rendemint. (2021). *PRP®-Tool: Circulair Inkopen Tool*. Retrieved from Rendemint: <https://www.rendemint.nl/nl/prp-inkooptool>
- Rijkswaterstaat. (2020, januari). *Circulaire ontwerpprincipes*. Retrieved from www.rijkswaterstaat.nl: file:///C:/Users/mirte/Downloads/2020_01_-_Circulaire_ontwerpprincipes_DEF.pdf.pdf
- RvO. (2021). *Milieuprestatie Gebouwen - MPG*. Retrieved from [www.rvo.nl: https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/milieuprestatie-gebouwen](https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/milieuprestatie-gebouwen)
- Saidani, M., Cluzel, F., Leroy, Y., & Yannou, B. (2019). *Testing the Robustness of Circularity Indicators: Empirical Insights from Workshops on an Industrial Product*. Delft.
- Sight, L. (2021). *www.lbpsight.nl*. Retrieved from Verschillen in rekenmethodes duurzaamheid : <https://www.lbpsight.nl/storage/app/uploads/public/589/b3b/e80/589b3be809c9a396383751.pdf>
- Song, Q., Li, J., & Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, 199-210.
- Stahel, W. (2013). Policy for material efficiency - sustainable taxation as a departure from the throwaway society. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 29.

- SusChem. (2015, april 1). *Circular Ecoomy: All Eyes On The Juncker Commission's Next Move*. Retrieved from SuChem European Technology Platform for Sustainable Chemistry:
<http://suschem.blogspot.com/2015/04/circular-economy-all-eyes-on-juncker.html>
- W4Y. (2021). *Welke BREEAM-Niveaus zijn er*. Retrieved from www.b4y.nl: <https://www.b4y.nl/breeam-certificering-niveaus/>
- Wetenschapsagenda, N. (2020). *Opcirckelen in de bouw*. Nationale Wetenschapsagenda.
- Wieser, A.A, S. M. (2019). *Implementation of Sustainable Development Goals in construction industry - a systemic consideration of synergies and trade-offs*. IOP Science.
- Witteveen+Bos, R. e. (n.d.). *De 8 Circulaire ontwerpprincipes* . *De 8 Circulaire ontwerpprincipes* . Rijkswaterstaat en Witteveen+Bos.
- Yuan, Z., Bi, J., & Moriguichi, Y. (2006). The Circular Economy: A New Development Strategy in China. *Journal of Industrial Ecology*, 4-8.