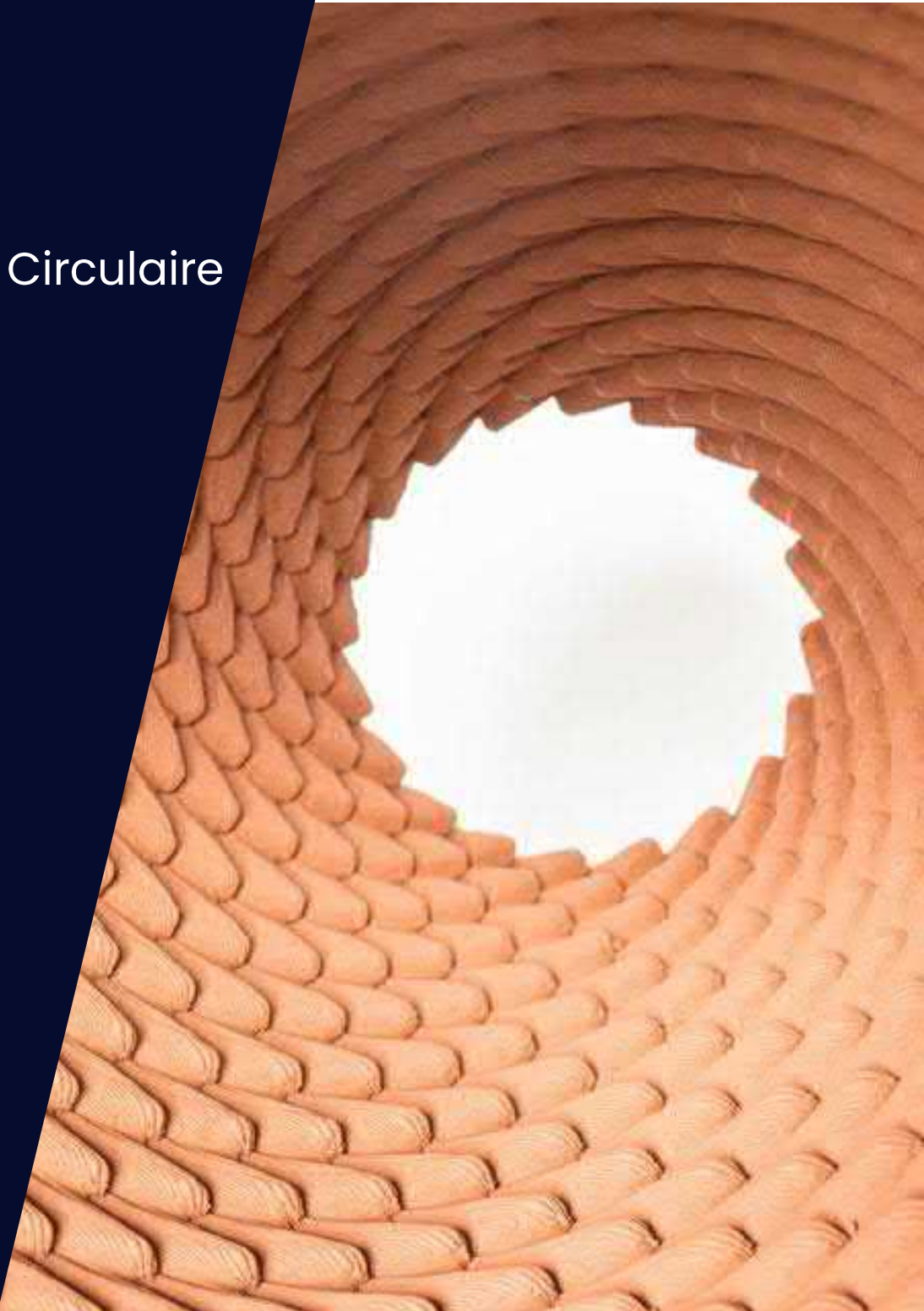


Rapportage Circulaire
Innovaties
GWW

2021

**nibe**



Project Circulaire Innovaties GWW

Opdrachtgever Rijkswaterstaat
J. Nagel



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

Opdrachtnemer NIBE B.V.
Nijverheidsweg 16A
3534 AM Utrecht
+31(0)88 - 998 37 75
info@nibe.org
www.nibe.org

experts in
sustainability
nibe

Versie V1.0

Datum 26 mei 2021

Auteur(s) E. Juffer (NIBE)
J. van Leeuwen (NIBE)
L. van Munster (NIBE)
Dr. Kevin Heij (UVA)

Projectteam E. Juffer
J. van Leeuwen
L. van Munster

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van NIBE.

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NIBE is het niet toegestaan om:

- a) een door NIBE uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze openbaar te doen maken;
- b) een door NIBE uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures en ten behoeve van reclame of vergelijkende reclame;
- c) de naam en/of het logo van NIBE, in welke verbinding dan ook, te gebruiken bij het openbaar maken van een deel of gedeelten van een door NIBE uitgebracht rapport en/of voor een of meer van de sub. b. genoemde doeleinden.

Het ter inzage geven van het rapport van NIBE aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

Om bij te dragen aan een transitie naar een meer circulaire en duurzame economie heeft de overheid in 2016 het Rijksbrede programma Circulaire Economie (CE) gelanceerd. Hierin wordt het perspectief op een toekomstbestendige, duurzame economie en een leefbare aarde voor toekomstige generaties geschetst. De ambitie van het kabinet is om samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen)doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen) en om in 2050 100% hernieuwbare (hergebruikte, gerecyclede/recyclebare en biobased) materialen toe te passen (Rijksoverheid, 2020).

Rijkswaterstaat (RWS) staat voor 'samen werken aan een veilig, leefbaar en bereikbaar Nederland'. In de grond-, weg- en waterbouw (GWW) sector worden vooral veel ruim voorradige grondstoffen gebruikt. Dit geldt in grote mate ook voor RWS. De grootste materialenstromen zijn grond (incl. zand), asfalt en beton. RWS heeft zelf de doelstelling om in 2030 'circulair te werken' en 50% minder primaire grondstoffen te gebruiken en volgt de nationale ambities van de transitie naar een circulaire economie uit het Rijksbrede-programma CE. Dit betekent dat in 2030 alle processen en werkwijzen zo zijn ingericht dat er optimaal circulair wordt gewerkt, een belangrijke tussenstap naar het circulair zijn in 2050. Hiertoe is het Impulsprogramma Circulaire Economie in de GWW ontwikkeld (Rijkswaterstaat, 2020), waarin 6 programmalijnen actief zijn.

- data(strategie) circulaire economie en meten & monitoren van circulariteit;
- circulair materiaalgebruik in ketens;
- circulair realiseren en beheren (aanleg en onderhoud);
- circulair aanbesteden & inkopen;
- interne veranderstrategie;
- externe samenwerking.

RWS heeft NIBE in dit kader gevraagd een plan van aanpak te schrijven over het vervolg van zowel het project "Circulaire Innovaties in de GWW" (van Leeuwen M., 2018) als het project "Voorstudie Maturity Model" (van Leeuwen J., 2019). In het project "Circulaire Innovaties in de GWW" is onderzoek gedaan naar de circulaire innovaties op de markt en hoe deze innovaties scoren op diverse circulaire- en milieu-parameters zoals MKI, MCI, CO₂-eq. en secundair materiaal gebruik. Als onderdeel van dit onderzoek is een verkenning uitgevoerd naar een 'Maturity Model' voor het kunnen monitoren van de innovatie volwassenheid van de markt. De adviezen uit deze verkenning zijn nu nader uitgewerkt door onder andere 'sociale innovatie' apart te onderzoeken door partner Universiteit van Amsterdam.

Doelstelling

Het doel van deze vervolgstudie was om een overzicht te krijgen van de huidig beschikbare en op korte termijn beschikbaar komende (deels) circulaire innovaties, die kunnen worden toegepast op het RWS areaal (beheersgebied). Het betreft hier een potentiëstudie op areaal-niveau. De innovaties zijn getoetst op basis van een aantal indicatoren, zoals de mate van circulariteit en de impact op het bredere areaal onder beheer van RWS.

De doelstelling van dit onderzoek is behaald door uiteenzetting van de volgende subdoelen:

- Het verrijken van het in 2018 ontwikkelde 'dashboard Circulaire Innovaties';

- Verkrijgen breed overzicht van huidige en toekomstige circulaire oplossingen;
 - Vernieuwd inzicht in de huidige stand van zaken van beschikbare innovaties;
 - Vernieuwd inzicht welke innovaties op korte termijn potentie hebben;
- Neerzetten van een basis voor het inrichten van een continu proces voor het inventariseren van circulaire toepassingen;
- Inrichten van vervolgstappen in het innovatieproces om circulaire innovaties te stimuleren.
- Inzicht krijgen in de huidige stand van zaken over de positie van de GWW-sector wat betreft innoverend vermogen t.o.v. van de gehele bouwnijverheid en Nederlandse bedrijven in zijn algemeen.

Onderzoeksopzet

In deze studie is gekeken naar de mate van circulariteit en de impact van de innovaties op het gehele areaal van RWS. Daarvoor zijn door NIBE verschillende dataverzameling- en analysemethoden gehanteerd. Enerzijds bestaat deze studie uit een kwalitatieve analyse waarin de circulaire innovaties als groep is beschouwd, hiermee is een beeld verkregen van de stand van zaken met betrekking tot de circulaire oplossingen. Anderzijds is er een kwantitatieve analyse uitgevoerd. Hiervoor is onder andere het dashboard uit de studie van 2018 (van Leeuwen M., 2018) opnieuw geijkt en is een basis gelegd voor het inrichten van een doorlopend proces middels de leidraad Meten van circulariteit versie 2.0 (Platform CB'23, 2020c) en aanvullende criteria vanuit de strategie óp weg naar klimaat neutrale en circulaire Rijksinfraprojecten 2030 (KCI). Onderstaand figuur geeft de onderzoeksopzet weer.



Ook zijn de resultaten uit de studie van de UvA naar het sociaal innovatief vermogen van de GWW-sector integraal in deze rapportage opgenomen. Voor deze studie heeft de UvA de vragenlijst die gehanteerd wordt in de Nationale Innovatie Monitor beschikbaar gesteld voor de GWW-sector. De resultaten zijn geanalyseerd en afgezet tegen de bouwnijverheid en het Nederlands gemiddelde van bedrijven.

Resultaten

De resultaten zijn in drie groepen ingedeeld; de kwalitatieve analyse, de kwantitatieve analyse en de studie naar het sociaal innoverend vermogen van de GWW-sector.

Kwalitatieve analyse

Vanuit de kwalitatieve analyse is naar voren gekomen dat de innovaties die ontwikkeld worden in de GWW vaak breed toepasbaar zijn. De innovaties hebben vaak overlap met verschillende toepassingsgebieden, zijn overal het algemeen relevant voor verschillende opdrachtgevers in de GWW en laten ook zien aan de hand van hen TRL-niveau (Technology Readiness Level) dat zij gereed zijn om toegepast te worden in de praktijk. Tegelijkertijd is het duidelijk geworden dat de innovatie op meerdere facetten van circulariteit inzetten, wat als gevolg heeft dat de opdrachtgever een keuze kan maken uit een breder scala van innovaties.

Kwantitatieve analyse

Op projectniveau laat de kwantitatieve analyse zien dat bijna alle innovaties de belasting op het milieu (enigszins) zullen verlichten en dus een bewuste keus zijn. De grootste winst voor RWS ligt, als

er gekeken wordt naar het areaal, bij asfalt, damwanden, geluidschermen en geleiderails. Samen genereren deze innovaties een potentiële reductie van 35% op MKI en 32% op CO₂. Het grootste deel van deze reductie kan behaald worden door innovatie op het gebied van asfalt te nader te stimuleren en toe te passen. Wel dient hier rekening te worden gehouden met het feit dat niet alle innovaties overal op het areaal toegepast kunnen worden. Deze potentiële reductie dient hierdoor ook enigszins als theoretische reductie beschouwd worden.

De circulaire parameters in deze studie (% Gerecycled materiaal [input], % Hergebruikt materiaal [input], % Recyclebaar materiaal [output], % Herbruikbaar materiaal [output], Hernieuwbaar duurzaam[input], Hernieuwbaar, niet duurzaam[input]) tonen dat de meeste innovaties of bestaan uit een aandeel "gerecyclede" content, of een groot aandeel "hernieuwbaar, duurzaam", waardoor zij voor een verlaagde milieu-impact zorgen. Het aandeel "hergebruikt" is relatief laag bij de innovaties die aangeven hier gebruik van te maken. Kijkend naar de output-parameters (recyclebaar en herbruikbaar) draagt het aandeel recyclebaar ook hier meer bij aan een verlaging van de milieu-impact.

Een overzicht van de resultaten op enerzijds milieu- en anderzijds circulaire parameters is weergegeven aan het einde van deze samenvatting voor de innovaties op het gebied van asfalt, geluidschermen en geleiderails. In deze samenvatting zijn alleen deze innovaties weergegeven omdat deze gezamenlijk de grootste impact hebben, een gedetailleerd overzicht is te vinden in hoofdstuk 5.3 van het rapport.

Innovatief vermogen

De studie naar het sociaal innoverend vermogen van partijen in de GWW laat zien dat deze partijen met name goed scoren op incrementele innovatie, waarin een bestaand product geoptimaliseerd wordt, maar nog achter blijft op het gebied van sociale innovatie. Tegelijkertijd geven GWW partijen wel aan bovengemiddelde te scoren op bv. maatschappelijk verantwoord ondernemen. Echter was de respons op de gehanteerde vragenlijst te laag om hier een volwaardige conclusie te kunnen trekken.

Milieuparameters

Innovatie	Product		Areaal		
	MKI	CO ₂	MKI	CO ₂	
Bedrijfsspecifieke innovaties					
Asfalt	COLt Light Asfalt	-49,1%	-46,1%	-25,4%	-25,2%
Geluidschermen	Greenwall	-65,9%	-60,3%	-1,9%	-1,6%
	Green silence wall	-83,4%	-71,1%	-2,4%	-1,9%
Generieke Innovaties					
Damwand	Combi-damwand	-88,6%	-86,8%	-2,1%	-2,5%
Geleiderails	Houten geleiderails	-56,8%	-35,3%	-5,1%	-2,4%

Circulaire parameters

	Innovaties	Gerecycled	Hergebruikt	Recyclebaar	Herbruikbaar	Hernieuwbaar, duurzaam	Hernieuwbaar, n. duurzaam
Bedrijfsspecifiek							
Asfalt	COlt Light Asfalt	47,6%	4,4%	56,7%	42,8%	0,0%	0,0%
Geluidschermen	Greenwall	10,0%	2,0%	4,4%	93,1%	99,0%	0,0%
	Green silence wall	30,0%	2,0%	61,9%	27,5%	40,0%	0,0%
Generiek							
Damwand	Combi-damwand	0,0%	0,0%	10,0%	50,0%	93,0%	0,0%
Geleiderails	Houten geleiderails	0,2%	0,0%	11,8%	49,1%	97,7%	0,0%

Inhoudsopgave

1	Inleiding	11
1.1	Circulaire Economie	11
1.2	Doelstelling project	13
1.3	Leeswijzer	13
2	Onderzoeksopzet	14
2.1	Doel van de enquête circulaire innovaties	14
2.2	Doel van de kwalitatieve analyse	14
2.3	Doel van de kwantitatieve analyse	15
2.4	Doel van de analyse naar innovatief vermogen	15
3	Achtergrond principes	16
3.1.1	Milieu	17
3.1.2	Circulariteit	18
3.1.3	Technology Readiness Level	19
3.1.4	Innovatief vermogen (UvA)	20
4	Methodiek	22
4.1	Beoordelingscriteria	22
4.1.1	Beoordelingscriteria voor Milieu	22
4.1.2	Beoordelingscriteria voor Circulariteit	24
4.1.3	Beoordelingscriteria voor Toepasbaarheid	26
4.2	Enquête	26
4.3	Kwalitatieve analyse	27
4.4	Kwantitatieve analyse	27
4.4.1	Rekenmodel	28
4.4.2	Referenties	30
4.4.3	Bedrijfsspecifieke LCA's & generieke LCA's	33
4.5	Sociale innovatie	33
5	Resultaten	35
5.1	Kwalitatieve analyse	35
5.1.1	Algemene introductie	35
5.1.2	Toepasbaarheid	38
5.1.3	Grondstofgebruik	39
5.1.4	Circulariteit	40
5.1.5	Milieu	42
5.2	Kwantitatieve analyse	42
5.2.1	Bedrijfsspecifieke innovaties	43
5.2.2	Generieke innovaties	56
5.2.3	Samenvattende analyse	63
5.3	Innovatief vermogen	65
6	Discussie	69
7	Conclusie en aanbevelingen	67
8	Bibliografie	71
	BIJLAGE 1. Enquête	73
	BIJLAGE 2. Gedetailleerde invoer innovaties	80
	BIJLAGE 3. Referenties	81

Figuren-, tabellen- en grafiekenlijst

Figuur 1: Overzicht programmalijnen van het RWS Impulsprogramma.....	12
Figuur 2: Procesflow onderzoeksopzet.....	14
Figuur 3: Opbouw van de fasen in een LCA (NEN, 2019).....	17
Figuur 4: Schematische weergave van de verschillende TRL niveaus (Kruit, 2017).....	19
Figuur 5: Technologische versus sociale innovatie. Bron: Volberda & Heij, 2013.....	20
Figuur 6: Overzicht sociale innovatie (Volberda et al., 2011).....	21
Figuur 7: Indeling thema's enquête.....	26
Figuur 8: invoer referentie die door de innovatie vervangen wordt in het rekenmodel. Voorbeeld: taludbekleding.....	28
Figuur 9: invoer van de innovatie die de referentie vervangt. Voorbeeld: Greenwall Classic H (geluidscherm).....	28
Figuur 10: Resultaat dashboard van de innovaties op de beoordelingscriteria en data kwaliteit. Voorbeeld: SMA GRA8 COLT.....	29
Figuur 11: Dashboard innovatie Greenwall Classic H.....	43
Figuur 12: Dashboard innovatie Green silence wall.....	44
Figuur 13: Dashboard innovatie Hillblock.....	45
Figuur 14: Dashboard innovatie Natureline.....	46
Figuur 15: Dashboard innovatie "GRIND-ALTERNATIEF IN BETON".....	48
Figuur 16: Dashboard innovatie COIt Light asfalt.....	49
Figuur 17: Dashboard innovatie RAMAC.....	51
Figuur 18: Dashboard innovatie The right WAE beton.....	52
Figuur 19: Dashboard innovatie Reduton.....	53
Figuur 20: Dashboard innovatie Tegra Kolk.....	54
Figuur 21: Dashboard houten Portaal.....	56
Figuur 22: Dashboard Accoya Damwand.....	58
Figuur 23: Dashboard samengestelde houten damwandplank.....	59
Figuur 24: Dashboard houten geleiderail.....	60
Figuur 25: Dashboard houten brug (Accoya).....	61
Figuur 26: Dashboard houten brug (Azobé).....	62
Tabel 1: Overzicht gekozen milieu-beoordelingscriteria inclusief gehanteerde symbolen voor rekensheet.....	23
Tabel 2: Overzicht gekozen circulariteit-beoordelingscriteria inclusief gehanteerde symbolen voor rekensheet.....	24
Tabel 3: Referentiegegevens.....	31
Tabel 4: Overzicht van de prestaties op de belangrijkste milieuparameters, MKI en CO ₂ -eq, van de berekende innovaties. Alles is weergegeven als percentage verandering t.o.v. de referentie op productniveau en op totaal areaal van RWS berekend.....	63
Tabel 5: Overzicht van de prestaties op de circulaire parameters van de berekende innovaties.....	64
Grafiek 1: Antwoorden vraag 4 enquête.....	35
Grafiek 2: Antwoord vraag 5 enquête.....	36
Grafiek 3: Antwoord vraag 6 enquête.....	37

Grafiek 4: Antwoord vraag 12 enquête	39
Grafiek 5: Antwoord vraag 15 en 17 enquête.....	40
Grafiek 6: Antwoord vraag 22 enquête.....	41
Grafiek 7: Antwoord vraag 23, 24, 25, 27 enquête.....	41

Verklarende woordenlijst en afkortingen

Bepalingsmethode	In de bepalingmethode staat hoe we in Nederland de levenscyclusanalyse uitvoeren voor bouwmaterialen en -producten en welke milieueffecten er berekend worden. Afkorting: BM
CB'23	Circulair Bouwen 2023. Een initiatief van verschillende stakeholders uit de gehele bouwsector met als doel om circulair bouwen te stimuleren.
D.i.	Disease incidence. De potentiële incidentie van ziektes ten gevolgen van de uitstoot van fijnstof. Deze indicator wordt in de EN15804-A2 + 2019 gehanteerd als indicator om fijnstof-emissies te kwantificeren.
EN15804-A2+2019	De Europese rekenregels voor het opstellen van LCA in de bouw.
EPD	Environmental Product Declaration. Een presenteerbare en beknopte weergave van een LCA met resultaten zoals de milieueffecten en MKI.
GWP	Global Warming Potential. Zie 'Klimaatimpact'.
GWW	Grond-, Weg- en Waterbouw. Afkorting die wordt gebruikt om civiele werken als wegen, bruggen, dijken en kanalen aan te duiden.
kg CO ₂ -eq.	De eenheid waarin klimaatimpact wordt uitgedrukt: kilogram CO ₂ -equivalenten. Dankzij deze eenheid kan het effect van verschillende broeikasgassen in één getal worden uitgedrukt. Zo is het effect van 1 kg methaan gelijk aan 25 kg CO ₂ -eq.
kg sb-eq	De eenheid waarin de uitputting van abiotische grondstoffen uitgedrukt kan worden: kilogram antimonium equivalenten.
Klimaatimpact	Het milieueffect van broeikasgassen, uitgedrukt in CO ₂ -eq.
LCA	Levenscyclusanalyse. In een LCA worden de milieueffecten van alle processen en grondstoffen die nodig zijn om een product toe te passen uitgerekend, gedurende de levensduur van het product. De levensduur wordt omschreven door levensfasen, aangeduid met de nummering A1 t/m D. A1-A3 betreft de productiefase, C1-4 de sloop- en afvalfase en D de terugwinningsfase.
MCI	Material Circularity Indicator. De uitkomst van de rekenmethodiek ontwikkeld door de Ellen MacArthur Foundation om te bepalen hoe circulair een product is gedurende de gehele levenscyclus.
Milieueffect	Een verandering in het milieu als gevolg van een activiteit. Er zijn meerdere milieueffecten, zoals: klimaatimpact, verzuring en toxiciteit. Elk beschrijft een ander effect met een eigen eenheid.
MKI	Milieukostenindicator. Met een levenscyclusanalyse worden de milieueffecten van een materiaal, product of bouwwerk uitgerekend. Deze milieueffecten (meerdere getallen met verschillende eenheden) zijn om te rekenen tot één integraal getal: de milieukosten, in euro's.
NMD	Nationale MilieuDatabase. Database die wordt gebruikt voor het berekenen van de milieuprestatie van gebouwen en/of bouwproducten. De database

	bevat een groot aantal profielen van materialen en producten die veel in de bouw voorkomen met de bijbehorende milieueffecten en schaduwkosten.
NIM	Nationale Innovatie Monitor. Een meetinstrument om te bepalen hoe groot het sociaal innovatief vermogen van bedrijven is. Het instrument wordt beheerd door de UvA en stond voorheen bekend als de Concurrentie & Innovatie Monitor (CRIM).
Reference Service Life (RSL)	De verwachte levensduur van een bouwproduct waarvan onder bepaalde referentie-condities. Deze kunnen de basis kan vormen voor het schatten van de levensduur onder andere gebruiksomstandigheden.
SBK	Stichting Bouwkwiteit
Schaduwkosten	Zie 'MKI'.

1 Inleiding

1.1 Circulaire Economie

In de 20^e eeuw is de consumptie van de mens explosief gestegen. De verwachting is dat deze nog zal blijven stijgen door een groeiende wereldbevolking en het rijker worden van ontwikkelende landen, waardoor ook zij zullen gaan consumeren. Deze consumptie zal zijn weerslag hebben op het klimaat zolang het consumeren niet op een verantwoorde wijze gebeurt. Het is hierdoor steeds belangrijker om te kijken naar het gebruik van grondstoffen: minder gebruik van (niet hernieuwbare) grondstoffen, de beschikbare grondstoffen zo efficiënt en hoogwaardig mogelijk te (her)gebruiken en daarbij de CO₂ uitstoot terug te dringen.

In september 2016 is het Rijksbrede programma Circulaire Economie (CE) gelanceerd. Hierin is het perspectief op een toekomstbestendige, duurzame economie en een leefbare aarde voor toekomstige generaties geschetst. De ambitie van het kabinet is om samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen)doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen) en om in 2050 100% hernieuwbare (hergebruikte, gerecyclede/recyclebare en biobased) materialen toe te passen (Rijksoverheid, 2020).

Rijkswaterstaat (RWS) staat voor 'samen werken aan een veilig, leefbaar en bereikbaar Nederland'. In de grond-, weg- en waterbouw (GWW) sector worden vooral veel ruim voorradige grondstoffen gebruikt. Dit geldt in grote mate ook voor RWS. De grootste materialenstromen zijn grond (incl. zand), asfalt en beton. RWS heeft zelf de doelstelling om in 2030 'circulair te werken' en 50% minder primaire grondstoffen te verbruiken en volgt daarmee de nationale ambities van de transitie naar een circulaire economie uit het Rijksbrede-programma CE. Dit betekent dat in 2030 alle processen en werkwijzen zo zijn ingericht dat er optimaal circulair wordt gewerkt, een belangrijke tussenstap naar het circulair zijn in 2050. Hiertoe is het Impulsprogramma Circulaire Economie in de GWW ontwikkeld (Rijkswaterstaat, 2020), waarin 6 programmalijnen actief zijn, zie ook Figuur 1.

- data(strategie) circulaire economie en meten&monitoren van circulariteit;
- circulair materiaalgebruik in ketens;
- circulair realiseren en beheren (aanleg en onderhoud);
- circulair aanbesteden & inkopen;
- interne veranderstrategie;
- externe samenwerking.

In het 'kernteam circulair materiaalgebruik' wordt ook een methode ontwikkeld om 'circulaire innovaties' te beoordelen. RWS heeft NIBE in dit kader gevraagd een plan van aanpak te schrijven over het vervolg van zowel het project "Circulaire Innovaties in de GWW" (van Leeuwen M., 2018) als het project "Vorstudie Maturity Model" (van Leeuwen J., 2019). In het project "Circulaire Innovaties in de GWW" is onderzoek gedaan naar welke circulaire innovaties er reeds op de markt zijn en hoe deze innovaties scoren op diverse circulaire- en milieu-parameters zoals MKI, MCI, CO₂-eq. en secundair materiaal gebruik. Hierbij is de opzet van de studie uit 2018 in de huidige studie geüpdatet door de indicatoren aan te passen van die uit 2019 naar de CB'23 leidraad versie 2.0. Tevens zijn de innovaties kwalitatief gescoord op randvoorwaarde, die nodig zijn om de innovatie succesvol op de markt te brengen. Dit is gebeurd door de markt te bevragen middels een enquête.



Figuur 1. Overzicht programmalijnen van het RWS Impulsprogramma.

Aansluitend op deze studie is er in 2019 een voorstudie uitgevoerd naar een mogelijkheid om sociale innovatie, of het sociaal innoverend vermogen van bedrijven, meetbaar te maken. In deze context wordt er met sociale innovatie het innovatief karakter en vermogen van organisaties bedoeld. In de voorstudie heeft het potentiële meetmodel de werknaam "Maturity Model" gekregen. RWS is naast de technische volwassenheid van de innovatie ook geïnteresseerd in de volwassenheid van de stakeholders betrokken bij GWW-projecten. Uit meerdere studies is namelijk gebleken dat om een innovatie succesvol toe te passen zowel de innovatie als de organisatie die het implementeert volwassen genoeg moet zijn. Veel mensen denken bij innoveren aan concrete, haast tastbare vormen van innovatie zoals het inkopen van nieuw materieel of investeringen in onderzoek en ontwikkeling (UvA, 2020). Echter zijn deze 'harde' vormen van innovatie vaak maar voor 25% van belang voor het succesvol innoveren. De overige 75% kan toebedeeld worden aan de sociale innovatie (Volberda & Heij, 2013).

In de voorstudie "Maturity Model" is er gekeken naar verschillende reeds bestaande methodes om de volwassenheid en het adaptief vermogen van betrokkenen te toetsen, waaruit bleek dat de Concurrentie & Innovatie Monitor (CRIM) het beste aansluit op de vraag. Ondertussen wordt de CRIM beheerd door de Universiteit van Amsterdam (UvA) en staat hij bekend onder de naam "Nederlandse Innovatie Monitor" (NIM). De NIM is een grootschalig jaarlijks onderzoek waarin wordt onderzocht hoe bedrijven in Nederland presteren op sociale innovatie. Naast de focus op het circulaire karakter en de randvoorwaarden van de innovaties, zal er in deze studie ook aandacht gegeven worden aan de resultaten uit een pilot-studie naar het sociaal innoverend vermogen van stakeholders in de GWW, volgens de methodiek van de NIM.

1.2 Doelstelling project

Het doel van deze studie is een overzicht te krijgen van de huidig beschikbare en op korte termijn beschikbaar komende (deels) circulaire innovaties, die kunnen worden toegepast op het RWS areaal (beheersgebied). Het betreft hier een potentiëstudie op areaal-niveau. De innovaties dienen getoetst te worden op basis van een aantal indicatoren, zoals de mate van circulariteit en de impact op het bredere areaal onder beheer van RWS. Aan de hand van de volgende subdoelen wordt de doelstelling van dit onderzoek behaald:

- Updaten van het in 2018 ontwikkelde 'dashboard Circulaire Innovaties';
- Verkrijgen breed overzicht van huidige en toekomstige circulaire oplossingen;
 - Vernieuwd inzicht in de huidige stand van zaken van beschikbare innovaties;
 - Vernieuwd inzicht welke innovaties op korte termijn potentie hebben;
- Neerzetten van een basis voor het inrichten van een continu proces voor het inventariseren van circulaire toepassingen;
- Inrichten van vervolgstappen in het innovatieproces om circulaire innovaties te stimuleren.
- Inzicht krijgen in de huidige stand van zaken over de positie van de GWW-sector wat betreft innoverend vermogen t.o.v. van de gehele bouwnijverheid en Nederlandse bedrijven in zijn algemeen.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een algemene opzet van dit onderzoek omschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de belangrijkste principes en definities welke in deze studie gebruikt worden. Deze informatie dient ter ondersteuning voor een beter begrip van de studie. Daarna wordt in hoofdstuk 4 de methodiek van deze studie in detail omschreven. In hoofdstuk 5 worden de resultaten weergegeven en toegelicht. Hoofdstuk 6 bevat een discussie over mogelijke ontwikkelgebieden voor een vervolgstudie. Tot slot sluit hoofdstuk 7 af met de belangrijkste conclusies en het daarbij behorende advies. De sociale innovaties worden per hoofdstuk in het kort benoemd in een losse paragraaf respectievelijk aan het hoofdstuk zelf.

Deze studie is grofweg op te splitsen in drie delen:

- de kwalitatieve analyse van circulaire innovaties in de GWW;
- de kwantitatieve analyse van circulaire innovaties in de GWW;
- de prestaties op het gebied van sociale innovatie van bedrijven in de GWW.

In deze rapportage worden de onderdelen in elk hoofdstuk behandeld zoals hierboven beschreven.

2 Onderzoeksopzet

In deze studie wordt gekeken naar de mate van circulariteit en de impact van de innovaties op het gehele areaal van RWS. Daarvoor zijn door NIBE verschillende dataverzamelings- en analysemethoden gehanteerd, die in dit hoofdstuk worden besproken. Enerzijds bestaat deze studie uit een kwalitatieve analyse waarin de circulaire innovaties als groep zijn beschouwd, hiermee wordt een beeld verkregen van de stand van zaken met betrekking tot de circulaire oplossingen. Anderzijds is er een kwantitatieve analyse uitgevoerd. Hiervoor is onder andere het dashboard uit de studie van 2018 (van Leeuwen M., 2018) opnieuw geijkt en wordt een basis gelegd voor het inrichten van een doorlopend proces middels de leidraad Meten van circulariteit versie 2.0 (Platform CB'23, 2020c) en aanvullende criteria vanuit RWS strategie KCI. Figuur 2 weergeeft de onderzoeksopzet.



Figuur 2. Procesflow onderzoeksopzet.

Daarnaast worden de resultaten uit de studie van de UvA naar het sociaal innovatief vermogen van de GWW-sector gepresenteerd. Voor deze studie heeft de UvA de vragenlijst die gehanteerd wordt in de Nationale Innovatie Monitor (NIM) beschikbaar gesteld voor de GWW-sector. De resultaten worden vervolgens geanalyseerd en vergeleken met de bouwnijverheid en het Nederlands gemiddelde van bedrijven.

2.1 Doel van de enquête circulaire innovaties

Het doel van de studie is een zo compleet mogelijk beeld te krijgen over de status van de innovaties aanwezig op de Nederlandse markt. Daartoe is gekozen om een enquête uit te zetten aan het bedrijfsleven. Om het bereik zo groot mogelijk te maken is een breed aantal mediapartners gevraagd het verzoek in haar netwerk te verspreiden. Naast algemene vragen over de innovatie (producent, type innovatie, toepassing) zijn er vragen gesteld gerelateerd aan de circulaire en duurzame eigenschappen en prestaties van de innovaties. Dit gespecificeerde deel is opgesteld aan de hand van beoordelingscriteria en is conform de leidraad Meten van circulariteit versie 2.0 (Platform CB'23, 2020c) en aanvullende criteria vanuit RWS strategie KCI. Achtergrondinformatie over de keuze van de beoordelingscriteria per thema's is beschreven in hoofdstuk 3. De resultaten van de enquête dienen als input voor zowel het opstellen van een kwalitatieve als kwantitatieve analyse.

2.2 Doel van de kwalitatieve analyse

Een van de doelstellingen van dit onderzoek is het verkrijgen van een overzicht van huidige en toekomstige circulaire oplossingen in de markt. De kwalitatieve analyse van de enquête wordt uitgevoerd om op hoofdlijnen beter te begrijpen waar de circulaire innovatie in de GWW staan en daarmee een vernieuwd inzicht te krijgen in de stand van zaken.

2.3 Doel van de kwantitatieve analyse

De kwantitatieve analyse wordt uitgevoerd om concreet inzicht te krijgen in de potentie van de circulaire innovaties bij toepassing op het areaal van RWS. Daarmee is deze analyse ook van toepassing op de doelstelling een breed overzicht te verkrijgen van de circulaire oplossingen. Er wordt onderscheid gemaakt op bedrijfsspecifieke innovaties en generieke innovaties. De bedrijfsspecifieke innovaties worden opgesteld aan de hand van een in de enquête uitgevraagde en aangeleverde, geschikte, levenscyclusanalyse (LCA). De generieke informatie wordt opgesteld aan de hand van referenties en innovaties reeds meegenomen in de analyse uit 2018. Achtergrondinformatie over LCA staat beschreven in hoofdstuk 3.1.1.

2.4 Doel van de analyse naar innovatief vermogen

Door een identieke vragenlijst van de NIM wederom beschikbaar te stellen voor bedrijven uit de GWW-sector is het mogelijk om op pragmatische wijze een concrete vergelijking te maken van hoe de GWW-sector op sociaal innoverend vermogen presteert t.o.v. andere sectoren. Naast inzicht in de huidige prestaties, geeft dit ook direct inzicht in hoe de GWW zich kan verbeteren om beter in te spelen op een transitie naar een circulaire en duurzamere markt en innovatie vraagstukken.

3 Basisprincipes

In het onderzoek naar circulaire innovaties uit 2018 was een groot deel van de circulariteitsprestaties gebaseerd op de input van Material Circularity Indicator (MCI) van de Ellen MacArthur Foundation. RWS en NIBE hebben in overleg bepaald om in deze studie de uitgangspunten over te nemen van de CB'23-leidraad Meten van circulariteit 2.0.

Onder de naam CB'23 is in Nederland een platform opgericht dat een leidraad heeft geschreven voor circulair bouwen (Platform CB'23, 2020a).

In de leidraad "meten van circulariteit" worden drie kerndoelen voor circulair bouwen benoemd:

1. beschermen van materiaalvoorraden;
2. beschermen van het milieu;
3. beschermen van bestaande waarde.

Voor ieder van deze doelen is een kernmethode in ontwikkeling, waarmee de impact van een product of bouwwerk op het doel bepaald kan worden.

De kernmethode voor materialen is gebaseerd op een Materiaal Stroom Analyse¹ (MFA: Material Flow Analysis), zoals deze op diverse plekken in Europa in ontwikkeling is. Met een MFA worden de materiaalstromen over de complete levensduur van een object, zowel kwantitatief als kwalitatief in kaart gebracht en weergegeven in een set van kernindicatoren. Uit deze set van kernindicatoren zou een éénpuntscore bepaald kunnen worden. De CB'23 leidraad 2.0 geeft hiervoor nog geen invulling, maar in een bijlage wordt de internationaal gehanteerde Material Circularity Indicator (MCI) van de Ellen MacArthur Foundation (Ellen MacArthur Foundation, 2015) beschreven en toegelicht hoe deze berekend kan worden door gebruik te maken van de kernindicatoren.

Voor de kernmethode voor milieu wordt de Bepalingsmethode milieuprestatie bouwwerken (Stichting Bouwkwiteit, 2019) integraal aangewezen. De leidraad geeft op dit moment geen verdere aanvullingen op aanpassingen op deze methode.

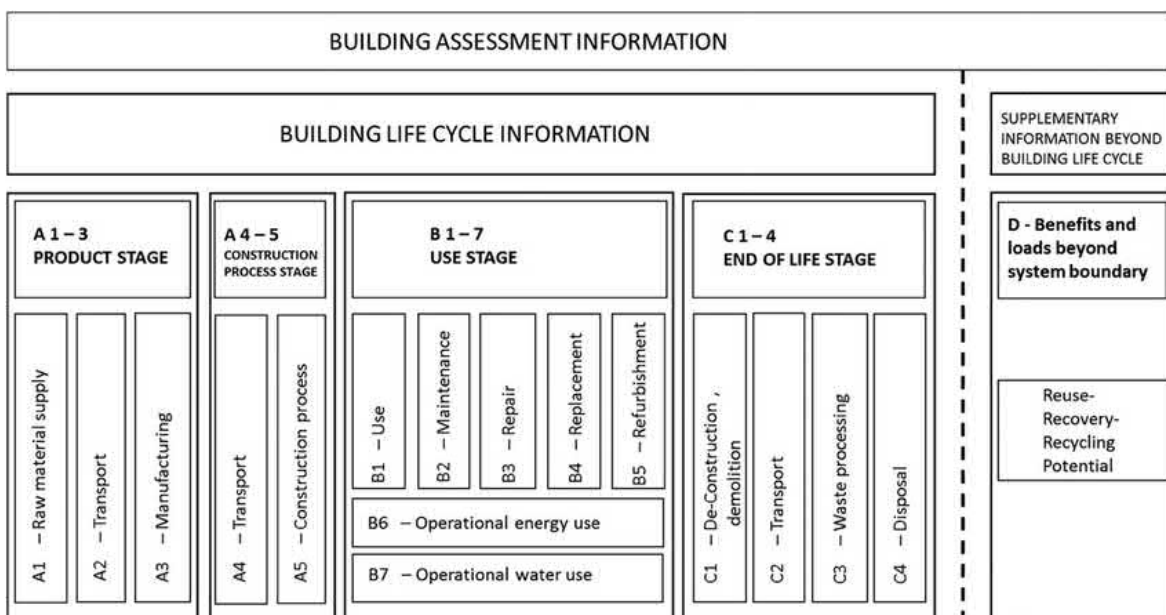
Voor de kernmethode voor 'beschermen van bestaande waarde' is een kwalitatief raamwerk ontwikkeld. Dit is nu nog onvoldoende geschikt voor een berekening en wordt daarom in deze studie niet toegepast. Het is wel de verwachting dat na de eerstvolgende ontwikkelstap in CB'23 (naar de leidraad versie 3.0) deze stap naar een rekenmethode wel wordt genomen en dan zou dit aspect ook invulling kunnen krijgen.

De volgende paragrafen bevatten een korte achtergrond uitleg over de themagebieden en bijbehorende uitgangspunten die gehanteerd worden in voorliggend onderzoek. Het gaat in op milieu, circulariteit, Technology Readiness Level, en innovatief vermogen.

¹ Meer informatie over de MFA is te vinden op <http://www.materialflows.net/methods/>

3.1.1 Milieu

De levenscyclusanalyse (LCA) is een veel gebruikte methode om de milieulasten van een materiaal of product te bepalen. Daarbij wordt een wieg-tot-graf benadering gehanteerd die een alomvattend beeld geeft van de milieuaspecten gedurende de hele levenscyclus. Alle levensfasen van het betreffende materiaal of product worden meegewogen: winning van grondstoffen, transport, productieproces, constructie, gebruiksfase en eindelevensduur. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van een specifieke beschouwingsperiode, waarbij een product met een langere levensduur minder vaak vervangen dient te worden en dus op deze wijze een lagere milieulast kan realiseren. De methode identificeert en kwantificeert, door gebruik te maken van rekenmodellen, de potentiële effecten van een industrieel systeem, evenals de mogelijke overdrachten van milieueffecten van het ene medium naar het andere en / of van de ene levenscyclusfase naar de andere. Figuur 3 laat de opbouw van fasen zien waaruit een LCA bestaat.



Figuur 3: Opbouw van de fasen in een LCA (NEN, 2019).

De uitkomst van een LCA-studie is een lijst met milieueffecten per levenscyclusfase, dit wordt samengevat in een EPD, Environmental Product Declaration. Deze categorieën zijn gebaseerd op de NEN-EN 15804-A2; de Europese LCA-methode voor de bouw (NEN, 2019). Het milieuprofiel is altijd opgesteld met dezelfde parameters; zoals klimaatverandering, ozonlaag aantasting of verzuring. Aan deze milieueffecten kan een monetaire waarde worden gehangen, wat resulteert in een kosten indicator, de zogenoemde Milieu Kosten Indicator (MKI). De MKI is het theoretische bedrag dat 'de maatschappij' dient te investeren om de gevolgen van de klimaateffecten te kunnen compenseren. Daarnaast kan uit het profiel worden opgemaakt welke van de milieueffecten een belangrijke rol spelen in de levenscyclus. Deze effecten zouden dan aangepakt kunnen worden ter verbetering van het product of proces.

Aan de LCA methodiek zijn regels verbonden, er kan niet zomaar een milieuprofiel worden opgesteld. Deze regels staan beschreven in zowel ISO-standaarden (ISO14040 (NEN, 2006a) & ISO14044 (NEN, 2006b)), EN-normen en de Bepalingsmethode. De Bepalingsmethode (Stichting Bouwkwiteit, 2019) is een Nederlandse toespitsing op de rekenregels uit de EN-15804. In de Bepalingsmethode wordt

onderscheidt gemaakt in drie verschillende categorieën data. Deze categorieën zijn mede gehanteerd om de datakwaliteit van een dossier op milieu te toetsen.

- **Categorie 1:** merkgebonden en getoetst. Data van een specifieke fabrikant die een LCA heeft laten opstellen en deze heeft laten goedkeuren door een onafhankelijke derde partij.
- **Categorie 2:** merkongebonden en getoetst. Data van een specifieke branche die een LCA heeft laten opstellen voor een gemiddeld brancheproduct en deze LCA heeft laten goedkeuren door een onafhankelijke derde partij.
- **Categorie 3:** niet getoetste data. Data is bijvoorbeeld afkomstig uit literatuuronderzoek en niet getoetst door een onafhankelijke derde partij. Deze generieke data krijgt een toeslag van 30% als een soort boete waarmee de milieubelasting wordt verhoogd. In de beoordeelde innovaties is deze toeslag niet meegenomen.

Wanneer de LCA is uitgevoerd op basis van de SBK Bepalingsmethode (v3.0) kan het product of materiaal worden opgenomen in de Nationale Milieu Database (NMD) en gebruikt worden in software zoals DuboCalc. Wanneer een LCA voor de NMD uitgebreid wordt met enkele aanvullende eisen die Milieu Relevante Product Informatie (MRPI) stelt is het mogelijk om opgenomen te worden bij Ecoplatform. In dat geval wordt een LCA/EPD erkend door meerdere Europese EPD-programma's.

Het CB'23 platform hanteert bij het onderdeel 'beschermen van het milieu' de milieueffectcategorieën uit de SBK bepalingmethode. Op basis hiervan zijn een aantal beoordelingscriteria opgesteld omtrent het in kaart brengen van de milieulasten van de innovatie, deze worden toegelicht in 4.1.1, Beoordelingscriteria voor Milieu.

3.1.2 Circulariteit

De principes van de circulaire economie zijn gericht op de transitie van een lineair consumptiepatroon, naar een meer circulair consumptiepatroon, waarbij grondstoffen zo efficiënt mogelijk worden ingezet, afval hergebruikt of gerecycled wordt en verbranding en stort worden voorkomen. Dit leidt tot minder vraag naar primaire grondstoffen.

In Nederland wordt hiervoor de definitie van de Transitieagenda circulaire bouweconomie aangehouden:

"Circulair bouwen betekent het ontwikkelen, gebruiken en hergebruiken van gebouwen, gebieden en infrastructuur, zonder natuurlijke hulpbronnen onnodig uit te putten, de leefomgeving te vervuilen en ecosystemen aan te tasten. Bouwen op een wijze die economisch verantwoord is en bijdraagt aan het welzijn van mens en dier. Hier en daar, nu en later." (De bouwagenda, 2018)

De definitie van circulair bouwen legt onder meer de nadruk op het hergebruiken van materialen en de uitputting van natuurlijke bronnen. Uit onderzoek van CB'23 naar de behoefte voor een kernmeetmethode zijn drie kerndoelen voor circulair bouwen gedefinieerd. Deze zijn: beschermen van materiaalvoorraden, beschermen van het milieu en beschermen van bestaande waarde (Platform CB'23, 2020c). De definities voor deze drie kerndoelen is beschreven als volgt:

"Materiaalvoorraden beschermen betekent zorgen dat materiaalvoorraden niet worden uitgeput, zodat deze gebruikt kunnen blijven worden. Milieu beschermen betekent zorgen dat de leefomgeving

van mens en dier van goede kwaliteit blijft. Bestaande waarde beschermen betekent dat (deel)objecten zo lang mogelijk behouden blijven, van zo goed mogelijke kwaliteit blijven en zo goed mogelijk gebruikt blijven worden. Dat geldt voor de eerste levenscyclus van een (deel)object, maar ook voor hergebruik/recycling in volgende cycli.” (Platform CB’23, 2020c, p. 19)

Ook hier komt de nadruk op het hergebruiken van materialen en de uitputting van natuurlijke bronnen terug. De definitie van het platform CB’23 gaat in op het hergebruiken, ook in volgende cycli. Zij geven daarbij aan dat er twee type stromen zijn: de inputstromen en outputstromen. De inputstromen zijn de materiaalstromen welke benodigd zijn om een product of proces te maken, de hoeveelheid gebruikte materialen. De outputstromen zijn de stromen welke aan het eind van een levenscyclus vrij komen en weer opnieuw ingezet kunnen worden. Hierbij wordt zowel gekeken naar inzet in een volgende cyclus als ook het aandeel verloren materiaal door stort of energiewinning. Voor circulariteit moet er op beide stromen gelet worden en daarom zijn er, op basis van deze informatie, diverse beoordelingscriteria opgesteld om de maten van circulariteit van de innovatie te kwantificeren, deze worden toegelicht in 4.1.2, Beoordelingscriteria voor Circulariteit.

3.1.3 Technology Readiness Level

Oorspronkelijk is het Technology Readiness Level (TRL) ontwikkeld door NASA in de jaren ‘70 voor ruimteverkenningstechnologieën. Veel organisaties hebben sindsdien TRL's geïmplementeerd voor hun eigen doeleinden. Bepaalde organisaties, zoals de Europese Unie (EU), hebben de definities verder genormaliseerd, waardoor ze gemakkelijker kunnen worden vertaald naar meerdere industriesectoren – niet alleen naar ruimteverkenning.



Figuur 4. Schematische weergave van de verschillende TRL niveaus (Kruit, 2017).

Zo werd TRL-schaal in 2014 geïntroduceerd als onderdeel van het Horizon 2020-programma van de Europese Unie. Het TRL geeft de mate van ontwikkeling van een bepaalde technologie of innovatie aan, het zogenoemde volwassenheidsniveau. Dit meetsysteem geeft een algemeen begrip van de technologiestatus en behandelt de hele innovatieketen.

Er zijn negen technologiegereedheidsniveaus; TRL 1 tot TRL 9, zie Figuur 4. Hierbij is TRL 1 typerend voor een technologie die aan het begin van de ontwikkeling staat en TRL 9 is een technologie of innovatie die zowel technologisch als commercieel gereed is om toegepast te worden.

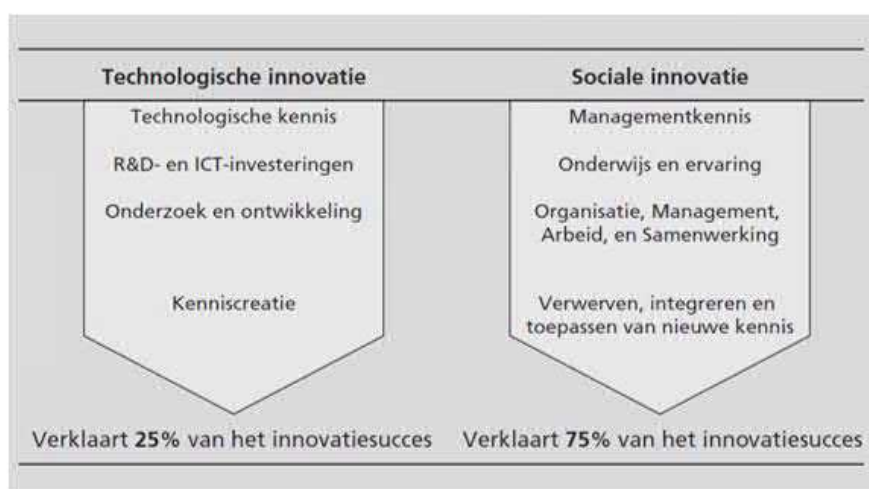
Meestal doorlopen innovaties de verschillende stadia van de TRL-schaal in hun levenscyclus, daarbij kunnen herhalingen tussen verschillende TRL-niveaus noodzakelijk zijn, vooral tijdens de ontwikkelingsfase. Het is niet per definitie een lineair systeem.

3.1.4 Innovatief vermogen (UvA)

Om innovatief vermogen van een sector in kaart te brengen is onder andere inzicht nodig in sociaal innoveren. Sociaal innoveren is een manier om een concurrentie voordeel te verkrijgen t.o.v. concurrerende bedrijven. Dit kan gerealiseerd worden door (Volberda et al., 2011):

1. het ontwikkelen van nieuwe managementvaardigheden (dynamisch managen),
2. het hanteren van flexibele organisatieprincipes (flexibel organiseren),
3. het realiseren van hoogwaardige arbeidsvormen (slimmer werken).

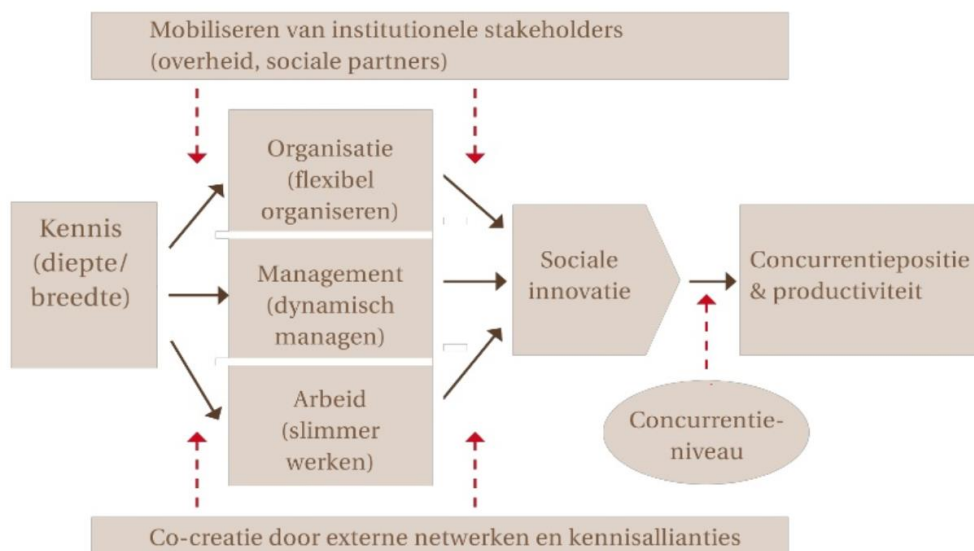
Naast het sociaal innoverend vermogen speelt 'harde' innovatie, zoals het investeren in nieuwe technologieën of de inkoop van materieel, ook een grote rol bij het creëren van een onderscheidende marktpositie. Deze nieuwe technologieën zijn vervolgens weer op te splitsen in radicale innovaties, waarbij een radicaal nieuwe technologie toe wordt gepast, en incrementele innovatie. Incrementele innovaties zijn innovaties die de huidige technologieën efficiënter maken en optimaliseren. Radicale innovaties vereisen vaak een hogere investering dan incrementele innovaties. Deze 'harde' vormen van innovatie zijn vaak maar voor 25% van belang voor het succesvol innoveren. De overige 75% kan toebedeeld worden aan de sociale innovatie (Volberda & Heij, 2013).



Figuur 5: Technologische versus sociale innovatie. Bron: Volberda & Heij, 2013

Door sociaal te innoveren op het gebied van management, organisatie en arbeid kunnen ondernemingen hun kennis efficiënter inzetten en laten groeien, waardoor nieuwe combinaties voor het bedrijf en de sector kunnen ontstaan. Figuur 5 laat zien hoe de hefboomen van sociale innovatie samen hangen en zodoende tot een hoger bedrijfsrendement kunnen leiden (Volberda et al., 2011).

Om een innovatie daadwerkelijk geïmplementeerd te krijgen, is het ook van belang dat de verschillende stakeholders klaar zijn om de innovatie te omarmen en in te bedden in hun primaire processen. Binnen RWS is de Stakeholder Readiness Level (SRL) ontwikkeld om dit inzichtelijk te maken. Bij de SRL staat centraal in hoeverre de organisatie en de omgeving klaar zijn voor de integratie van een innovatie. Het idee is dat je al in een vroeg stadium (dus ook bij de lagere TRL's) rekening houdt met de organisatie en de omgeving waarin de innovatie uiteindelijk moet landen. Daarbij valt te denken aan het tijdig creëren van eigenaarschap en commitment, risicomangement en inpasbaarheid in primaire processen. De SRL-methode omvat een vragenlijst die is opgebouwd uit meerdere componenten: waarde, draagvlak, kosten, inpasbaarheid en risico's (Rijkswaterstaat, 2021).



Figuur 6: Overzicht sociale innovatie (Volberda et al., 2011).

4 Methodiek

Het onderzoek is opgedeeld in 3 fases: het uitzetten van een enquête, een kwalitatieve analyse van de antwoorden op de vragenlijst en het toepassen van de ingediende LCA's uit de enquête in een kwantitatieve analyse, gebruikmakende van een rekensheet. Er is gebruik gemaakt van een bottom-up aanpak. Enerzijds zijn de resultaten uit de enquête per innovatie ingezet om de algemene resultaten te realiseren (kwalitatieve analyse). Anderzijds is er per rekeneenheid, in de vorm van de aangeleverde LCA, getracht te bepalen wat de potentie van circulaire innovaties is op het gehele areaal onder beheer van RWS (kwantitatieve analyse). Deze opzet is gekozen zodat er objectief en efficiënt een grote marktgroep benaderd kon worden, waardoor de overige analyses en onderzoeken sneller konden plaats vinden en deze niet alleen gegrond zijn in kennis uit het eigen netwerk, maar juist gevoed zijn met de diversiteit van de Nederlandse markt. Hierdoor geeft het onderzoek een representatief beeld van de sector.

De volgende paragrafen geven een gedetailleerde beschrijving van de toegepaste methodes, zodat het mogelijk is het onderzoek te herhalen.

4.1 Beoordelingscriteria

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 zijn er verschillende beoordelingsthema's. Per thema wordt hier kort beschreven welke beoordelingscriteria zijn gekozen en hoe ze worden uitgedrukt. De vragen in de enquête zijn geselecteerd op deze thema's en criteria en zij spelen een belangrijke rol in de kwalitatieve en kwantitatieve analyse.

4.1.1 Beoordelingscriteria voor Milieu

Als basis voor het thema milieu dient de LCA-methodiek, zoals beschreven in hoofdstuk 3, Basis. Deze methodiek is ook binnen CB'23 overgenomen. De kernindicatoren voor het kerndoel "beschermen van milieu" zijn hier op gebaseerd (Platform CB'23, 2020c).

Er is gekozen om LCA's opgesteld volgens de Bepalingsmethode v3.0, zonder en met wijzigingsbladen, toe te laten in de analyse. LCA's opgesteld aan de hand van eerdere Bepalingsmethoden zijn helaas niet te vergelijken met elkaar en zijn om die reden buiten beschouwing gelaten. LCA's opgesteld aan de hand van Bepalingsmethode 3.0, inclusief of exclusief wijzigingsbladen, worden wel vergelijkbaar geacht voor deze studie. Niet alle parameters zijn gekozen om mee te nemen in deze studie, in samenspraak met RWS is een selectie gemaakt. Voor deze studie zijn de volgende milieuparameters uit de LCA meegenomen, voor een uitgebreidere omschrijving zie Tabel I:

- MKI;
- CO₂-uitstoot;
- fysieke schaarste;
- fijnstof;
- stikstof.

Tabel 1: Overzicht gekozen milieu-beoordelingscriteria inclusief gehanteerde symbolen voor rekensheet.

Beoordelingscriteria	Waarom gekozen
Miliekostenindicator (MKI/Ehd (€)) 	<p>Om de milieueffecten van een product of proces te kunnen beoordelen en vergelijken is een objectieve maatstaf wenselijk. De MKI, als eenpuntsscore, verschaft deze.</p> <p>De MKI wordt binnen de CB'23 leidraad niet benoemd als kernindicator, maar als aanvullende indicator. Doordat de MKI in een Nederlandse LCA wel als kernindicator geldt, is deze wel meegenomen.</p>
CO₂/Ehd (kg CO₂ Equiv.) 	<p>CB'23 hanteert als kernindicator voor het onderdeel "beschermen van milieu" de parameter klimaatverandering, afkomstig uit de LCA-methodiek.</p> <p>Deze parameter geeft de mate waarin een product of proces bijdraagt aan klimaatverandering weer (Platform CB'23, 2020c). Binnen CB'23 is deze parameter opgedeeld in 4 soorten CO₂-uitstoot; totaal, fossiel, biogeen, landgebruik en verandering in landgebruik. Voor deze studie is de totale CO₂-eq als een parameter gebruikt.</p>
Fysieke schaarste (Kg Sb) 	<p>CB'23 hanteert als kernindicator voor het onderdeel "beschermen van bestaande materiaalvoorraden" de hoeveelheid gebruikte fysiek schaarse materialen als een parameter.</p> <p>Fysiek schaars zegt iets over de mate waarin een grondstof beperkt in de natuur aanwezig is en dus een risico is op uitputting van de grondstof. De EN 15804 maakt onderscheid in twee soorten fysieke schaarste (NEN, 2019):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uitputting van abiotische hulpbronnen - elementen (APD-mineralen&metalen) - Uitputting van abiotische hulpbronnen - fossiele brandstoffen (ADP-fossiel) <p>In dit onderzoek is "Uitputting van abiotische hulpbronnen - elementen" gehanteerd als parameter. Recent is bekend geworden dat er grote variaties zitten in de scores van deze indicator voor verschillende producten. Op het moment van schrijven wordt hier verder onderzoek naar gedaan, echter zou de grote variatie in kg SB-eq een methodische oorzaak kunnen hebben.</p>
Fijnstof PM/Ehd (kg PM_{2.5} Equiv.) 	<p>CB'23 hanteert als kernindicator voor het onderdeel "beschermen van milieu" de parameter fijnstofemissie, afkomstig uit de LCA-methodiek.</p> <p>Deze indicator zegt iets over de mogelijke ziekte-incidenten als gevolg van de fijnstofuitstoot. Afhankelijk van de vigerende set op het moment van opstellen kan het zijn dat deze parameter niet voor elke innovatie gekwantificeerd kan worden. In dat geval is ervoor gekozen om de vergelijking niet mee te nemen in het dashboard.</p>
Stikstof N-eq./Ehd. 	<p>CB'23 hanteert als kernindicator voor het onderdeel "beschermen van milieu" de parameter kg N-eq, afkomstig uit de LCA-methodiek.</p> <p>In een LCA wordt vermisting uitgerekend, deze heeft in de EN15804:A1 de eenheid kg PO₄-eq en in de 15804:A2 verandert dit en wordt vermisting op land voortaan in mol N-eq uitgedrukt. Echter, komt deze indicator pas in de A2 set beschikbaar en stikstof zit niet als losse parameter in de LCA's met de oude versie berekend (A1 set). Afhankelijk van de gebruikte set kan het zijn dat deze parameter voor een innovatie niet gekwantificeerd kan worden. In dat geval is ervoor gekozen de vergelijking niet mee te nemen in het dashboard.</p>

4.1.2 Beoordelingscriteria voor Circulariteit




Aan de basis van het thema circulariteit binnen de beoordelingscriteria ligt de leidraad Meten van circulariteit (2020c), zoals beschreven in de hoofdstuk 3, Basis. Met name het platform CB'23 kerndoel "beschermen van materiaalvoorraden" richt zich op het aandeel van gebruikt, beschikbaar en verloren materiaal. De kernindicatoren leggen de nadruk op de input- en output-stromen in de LCA van een product of proces. Er wordt een duidelijk verschil gemaakt tussen materiaal waar een product of proces uit bestaat (de inputstromen) en dat wat aan het einde van de levensduur mogelijk te hergebruiken is (outputstromen).

Voor deze studie zijn de volgende beoordelingscriteria opgesteld aan de hand van de platform CB'23 kernindicatoren, zie ook Tabel 2;

- % Gerecycled materiaal [input];
- % Hergebruikt materiaal [input];
- % Recyclebaar materiaal [output];
- % Herbruikbaar materiaal [output];
- Hernieuwbaar duurzaam[input];
- Hernieuwbaar, niet duurzaam[input].

Tabel 2: Overzicht gekozen circulariteit-beoordelingscriteria inclusief gehanteerde symbolen voor rekensheet.

Beoordelingscriteria	Waarom gekozen
% Gerecycled materiaal [input]  Gerecycled	<p>Om meer inzicht te krijgen in de mate van circulariteit van innovaties is gekozen te focussen op de gebruikte grondstoffen en in hoeverre gebruik is gemaakt van gerecyclede materialen bij de productie. In de CB'23 leidraad valt dit onder kernindicator 1.2 (2020c, p. 8).</p> <p>Het % gerecycled materiaal geeft aan in welke mate een product bestaat uit secundair materiaal dat is bewerkt voordat het opnieuw inzetbaar is.</p>
% Hergebruikt materiaal [input]  Hergebruikt	<p>Om meer inzicht te krijgen in de mate van circulariteit van innovaties is gekozen te focussen op de gebruikte grondstoffen en in hoeverre gebruik is gemaakt van hergebruikte materialen bij de productie. In de CB'23 leidraad valt dit onder kernindicator 1.2 (2020c, p. 8).</p> <p>Het % hergebruikt materiaal geeft aan in welke mate een product bestaat uit secundair materiaal dat zonder opwerking dezelfde of een vergelijkbare functie kan vervullen.</p>
% Recyclebaar materiaal [output]  Recyclebaar	<p>Om meer inzicht te geven in de mate van circulariteit aan het einde van de levensduur is gekozen te focussen op de grondstoffen en hun connectie tot de doelstelling zo veel mogelijk en hoogwaardig materialen te recyclen aan het eind van de gebruiksfase.</p> <p>Het % recyclebaar materiaal geeft aan welk aandeel van een geproduceerd product aan het einde van de levensduur beschikbaar gemaakt kan worden voor recycling.</p>
% Herbruikbaar materiaal [output]	<p>Om meer inzicht te geven in de mate van circulariteit aan het einde van de levensduur is gekozen te focussen op de grondstoffen en hun connectie tot de doelstelling zo veel mogelijk en hoogwaardig materialen te hergebruiken aan het eind van de gebruiksfase.</p>

Beoordelingscriteria	Waarom gekozen
 Herbruikbaar	Het % herbruikbaar materiaal geeft aan welk aandeel van een geproduceerd product aan het einde van de levensduur beschikbaar gemaakt kan worden voor hergebruik.
Hernieuwbaar duurzaam  Hernieuwbaar duurzaam	Om meer inzicht te geven in de mate van circulariteit is gekozen te focussen op de gebruikte grondstoffen en hun connectie tot de doelstelling zo veel mogelijk 'onuitputtelijke' bronnen te gebruiken. Hernieuwbaar materiaal wil zeggen: materiaal dat is geproduceerd uit hernieuwbare grondstoffen, waarbij bedoeld wordt op biotische grondstoffen.
Hernieuwbaar, niet duurzaam  Hernieuwbaar, niet duurzaam	Om meer inzicht te geven in de mate van circulariteit is gekozen te focussen op de gebruikte grondstoffen en hun connectie tot de doelstelling zo veel mogelijk 'onuitputtelijke' bronnen te gebruiken. Hernieuwbaar niet-duurzaam geeft aan dat het grondstof van abiotische of biotische oorsprong betreft die niet op een menselijke tijdschaal wordt geteeld, natuurlijk wordt aangevuld of natuurlijk wordt gereinigd.

Naast bovengenoemde parameters zijn losmaakbaarheid en waarde behoud ook benoemd in de leidraad Meten van circulariteit versie 2.0 (Platform CB'23, 2020c). Losmaakbaarheid is gebaseerd op het idee dat als producten onlosmaakbaar met elkaar verbonden zijn het oogsten nagenoeg niet mogelijk is waardoor bij sloop laagwaardige recycling of verbranding de enige opties zijn. Hoe meer losmaakbaar een gebouw, hoe gemakkelijker het is om producten te oogsten en om hergebruik mogelijk te maken. Op dit moment is losmaakbaarheid uitgewerkt voornamelijk voor de B&U sector, in samenwerking met RWS wordt er gekeken of losmaakbaarheid ook toepasbaar is voor de GWW (Alba Concepts, 2019).

Waarde behoud wil zeggen dat bestaande waarde beschermd wordt en dat (deel)objecten zo lang mogelijk behouden blijven, van zo goed mogelijke kwaliteit blijven en zo goed mogelijk gebruikt blijven worden. Voor deze indicatoren zijn nog weinig meetmethoden beschikbaar, CB'23 is begonnen met het uitwerken van een meetmethode maar deze is nog niet volledig (Platform CB'23, 2020c).

Deze parameters zijn in deze studie niet meegenomen omdat (nog) geen objectieve meetmethode bestaat om dit te kwantificeren. Hierdoor is een vergelijking op basis van deze indicatoren puur speculatief is en staat deze niet garant voor de kwaliteit waar naar gestreefd wordt. Op het moment van schrijven wordt door meerdere partijen onderzoek gedaan naar het kwantificeren van deze parameters. Voor de toekomst zijn losmaakbaarheid en waarde behoud zeker waardevolle parameters om toe te voegen aan het dashboard, mits kwantificeerbaar. Het kwantificeerbaar maken van circulaire parameters leidt eveneens tot de mogelijkheid om een eenpunts-score te ontwikkelen voor circulariteit. Deze eenpunts-score is reeds al ontwikkeld voor elf milieuparameters in de vorm van de MKI, de methodiek hierachter staat verder omschreven in de Bepalingsmethode (Stichting Bouwqualiteit, 2019). Deze eenpunts-score biedt de mogelijkheid om verschillende

producten en/of innovaties te vergelijken wanneer zij goed presteren om verschillende circulaire aspecten.

4.1.3 Beoordelingscriteria voor Toepasbaarheid

Voor het beoordelen van de toepasbaarheid van een innovatie, in relatie tot het areaal van RWS, is gebruikt gemaakt van het TRL systeem zoals beschreven in 3.1.3, Technology Readiness Level.

4.2 Enquête

NIBE heeft in samenwerking met RWS een vragenlijst opgesteld, waarbij RWS voornamelijk heeft meegekeken en tekstuele feedback heeft gegeven. De markt is open benaderd, RWS en NIBE hebben beide actief de uitvraag naar de markt gepromoot, onder andere via LinkedIn, e-mail campagne en mediakanalen van RWS. Voor het afnemen van de enquêtes is gebruik gemaakt van de software van SurveyMonkey. De enquête is beschikbaar geweest voor respondenten tussen 06-08-2020 tot 29-09-2020.

Enquête opbouw

De enquête is opgebouwd uit verschillende delen. Elk thema heeft een aparte pagina met waar nodig een korte inleiding. De enquête bestaat uit 36 vragen (Figuur 6). Er is gebruik gemaakt van verschillende soorten vragen:

- open vragen,
- halfopen vragen,
- meerkeuzevragen,
- vragen waarbij een bestand geüpload diende te worden,
- vragen met een schuifregelaar (0-100%).

Voor een volledige lijst van de vragen zoals gebruikt in de enquête zie BIJLAGE I. De diversiteit van deze vragen zorgt dat het mogelijk is om zowel een kwalitatieve als een kwantitatieve analyse uit te voeren.



Figuur 7: Indeling thema's enquête.

4.3 Kwalitatieve analyse

Het doel van de kwalitatieve analyse is om op hoofdlijnen beter te begrijpen in hoeverre de markt al bezig is met circulaire innovaties in de GWW ten behoeve van het halen van de doelstellingen zoals omschreven in het Rijksbrede-programma CE. Vragen waar een kwalitatieve analyse op toe te passen is, zoals de gesloten vragen en halfopen vragen, zijn geanalyseerd per thema. Een groot deel van de analyse is uitgevoerd door het programma waarmee de enquête is gemaakt. De kwalitatieve analyse beslaat 24 van de 36 vragen.

Bij een aantal vragen is gebruik gemaakt van definities die impact hebben op de resultaten. Zij worden hieronder toegelicht.

Algemene introducerende vragen

Vraag 4 gaat over het toepassingsgebied van de innovatie om een beter inzicht te krijgen in het type wegmeubilair. Deze vraag heeft een verwijzing naar een webpagina van RWS waarin wordt uitgelegd wat wordt verstaan onder circulair wegmeubilair (Rijkswaterstaat, 2020a). In de enquête is een voorselectie uit de lijst van RWS gebruikt als keuzelijst, met optie om eigen inbreng toe te voegen.

Toepasbaarheid

Vraag 11 verwijst naar het TRL-niveau. Er wordt hierbij verwezen naar de uitleg zoals gegeven op de website RWS innoveert (2020b). Tevens is een korte uitleg gegeven in de vraag zelf "De Technology Readiness Level (TRL) is een methode om de volwassenheid in te schatten van technologieën gedurende de ontwikkelingsfase."

Bij vraag 13 wordt ingegaan op de aanwezigheid van schadelijke stoffen waarbij verwezen wordt naar de lijst van het Europees agentschap voor chemicaliën (ECHA, 2020) en de lijst met stoffen zoals openbaar beschikbaar gemaakt via Chemsafetypro (2020).

Grondstofgebruik

Bij vraag 14 wordt verwezen naar de lijst zoals beoordeeld door Grondstoffenscanner (Grondstoffenscanner, 2020). Deze website is opgesteld vanuit een samenwerking tussen overheid, diverse adviesbureaus en wetenschappers.

Circulariteit

RWS heeft een pagina aan de principes voor circulair ontwerpen gewijd die wordt gebruikt als input voor vraag 21 (Rijkswaterstaat, 2018).

Milieu

Vraag 34 gaat over of de Aerius-methodiek (RIVM, 2020) is toegepast voor de innovatie. De Aerius-methodiek zegt iets over de stikstofdepositie in relatie tot de natuur.

4.4 Kwantitatieve analyse

Om een reële inschatting te kunnen maken van de potentie van een innovatie op het areaal van RWS is een rekensheet opgesteld waarin de aangedragen innovaties verwerkt kunnen worden. Wel is het noodzakelijk dat een geschikte LCA van de innovatie wordt aangeleverd. De LCA van de innovatie

wordt geschikt geacht als hij is opgesteld volgens Bepalingsmethode 3.0 (Stichting Bouwkwaliiteit, 2019), waarbij de later aan de methode toegevoegde wijzigingsbladen een pré zijn, maar geen noodzaak.

Dit rekensheet is opgesteld om de beoordelingsindicatoren zo weer te geven dat toepassing in een vergelijking mogelijk is. Zo kan weergegeven worden welke innovaties meer potentie hebben voor het areaal van RWS. Onderscheid is gemaakt tussen bedrijfsspecifieke innovaties en generieke innovaties. De bedrijfsspecifieke innovaties zijn aangeleverd door middel van de enquête, in de vorm van een uitdraai van een EPD-rapport of LCA-rapport. De generieke informatie is opgesteld aan de hand van beschikbare data uit de rekensheet voor "Circulaire innovaties in de GWW" (van Leeuwen M., 2018).

4.4.1 Rekenmodel

Er is een rekenmodel gebouwd in Excel, dat het complete areaal van RWS beschrijft. Hierin is voor elk object een referentie materialisatie opgenomen, bestaande uit producten en materialen, die de stand van de techniek van vandaag de dag weergeven. In figuur 7 is weergegeven hoe de selectie plaatsvindt van de onderdelen uit de referentie. Hier wordt vervolgens een innovatie voor gekozen als vervanging.

Stap 1: Opvoeren van de te vervangen standaard areaal onderdelen (referentie)

Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onderdeel	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmiddel
Brug (stks)	A1	Taludbekleding; grassteen	Materiaal	SBK straatstenen, grijs, milieukeur PRODUCTIE, 2011, c2	kg	concrete (i.a. elements, brickwork)	50 jr	3.271	3%	150 km	Lorry (Truck), unspecified (default)
Brug (stks)	A5	Taludbekleding; grassteen	Materiaal	SBK straatstenen AANLEG, 2011, c2 (NMD3.0)	kg	concrete (i.a. elements, brickwork)	50 jr	3.271	3%	150 km	Lorry (Truck), unspecified (default)

Figuur 8: invoer referentie die door de innovatie vervangen wordt in het rekenmodel. Voorbeeld: taludbekleding.

Innovaties worden op dezelfde manier in het model geplaatst en daarbij wordt dan het vergelijkbare referentieproduct in het areaal vervangen door de innovatie. De rekensheet stelt op basis van een 'reference service life (RSL)' en beschouwingsperiode een vervangingsratio vast (1:1 of anders). Het is daarnaast mogelijk om met één innovatie of combinatie van innovaties een (combinatie van) referentieproduct(en) te vervangen. Figuur 8 laat zien hoe de een bedrijfsspecifieke innovatie is ingevoerd in de rekensheet. In dit geval is een volledige LCA (cradle-to-grave) aangeleverd.

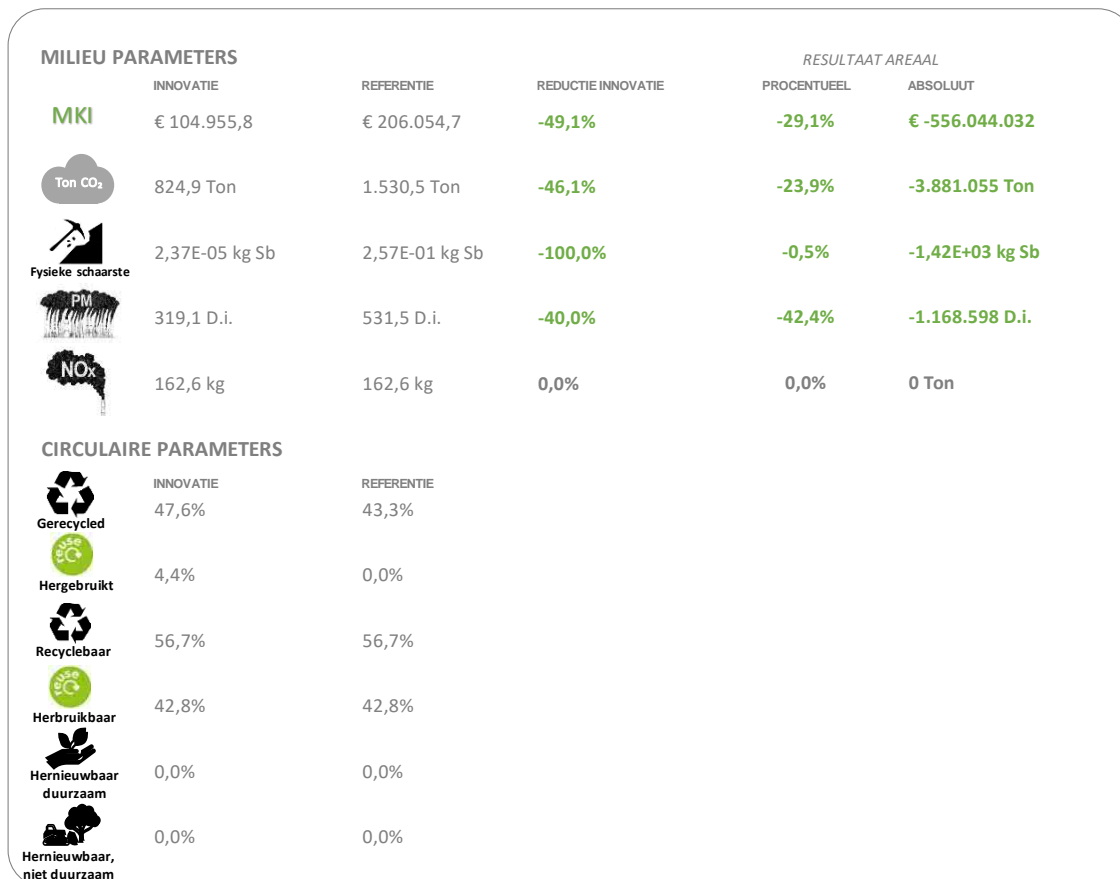
Stap 2: Opvoeren van de innovatie(s) die de standaard onderdelen uit het areaal vervangen

Innovatie	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onderdeel	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmiddel	Opm
ja	Geluidsscherm (m2)	A1	Greenwall A1-A3	Materiaal	Greenwall A1-A3	m2	Greenwall End-of-Life	50 jr	1	0%	1 km	Greenwall A4	Eigen Profiel
ja	Geluidsscherm (m2)	A5	Greenwall A5	Proces	Greenwall A5	m2		50 jr	1	0%	0 km		Eigen Profiel

Figuur 9: invoer van de innovatie die de referentie vervangt. Voorbeeld: Greenwall Classic H (geluidsscherm).

Het rekenmodel bepaalt vervolgens de impact en geeft dit weer in een dashboard per innovatie. Telkens wordt de impact van een innovatie op productniveau en op areaal niveau weergegeven, de resultaten hiervan staan beschreven in hoofdstuk 5.

Stap 3: Inzicht in de geformuleerde beoordelingscriteria op innovatieniveau (ofwel productniveau) en areaalniveau



Figuur 10: Resultaat dashboard van de innovaties op de beoordelingscriteria en data kwaliteit. Voorbeeld: SMA GRA8 COLT

Figuur 10 laat als voorbeeld het dashboard zien voor een duurzaam alternatief van Steenmestiekasfalt. Allereerst worden de milieu-parameters weergegeven, dit zijn de MKI [€], CO₂-eq. [ton], verbruik primaire grondstoffen [ton], fijnstofuitstoot [D.i.] en stikstofuitstoot [kg N-eq]. Deze milieu-parameters worden weergegeven voor de innovatie en de referentie, voor het totaal aan gekozen onderdelen in de gekozen referentie, in dit geval asfaltlagen in A- en N-wegen voor 1 km weg. Vervolgens wordt de procentuele verbetering [Reductie innovatie] door gebruik van deze innovatie weergegeven voor de milieu-parameters. Er is gekozen om een vermindering ten opzichte van de referentie aan te duiden met groen, als een innovatie slechter scoort dan de referentie wordt dit in rood weergegeven.

Naast de milieu-parameters, is een aantal parameters toegevoegd op het gebied van circulariteit. Achtereenvolgens wordt gebruik van % gerecycled materiaal [input], % hergebruikt materiaal [input], % recyclebaar materiaal [output], % herbruikbaar materiaal [output], hernieuwbaar

duurzaam en hernieuwbaar, niet duurzaam, weergegeven. Alle zes zowel voor de referentie als voor de innovatie.

Uitgangspunten

In de laatste kolom wordt de procentuele en absolute besparing weergegeven, van de milieu-parameters, wanneer deze innovatie op het totale areaal van RWS zou zijn toegepast, als vervanging voor de gekozen referentieproducten. In dit voorbeeld dus de vervanging van alle asfaltlagen in het RWS areaal door deze innovatie. Dit geeft weer wat het effect zou zijn als het hele areaal van RWS opnieuw aangelegd zou moeten worden en daarbij de referentie asfalt deklagen vervangen zouden worden door SMA asfaltlagen van het gekozen soort. Het betreft uiteraard een fictief scenario, wat echter wel een beeld geeft van het potentieel van deze innovatie.

Alternatieve uitgangspunten

Het rekenmodel is flexibel ontworpen en daardoor is het mogelijk om in plaats van het gehele RWS areaal ook een specifieke uitvoeringsopdracht als referentie in te voeren, bijvoorbeeld een specifiek project of een specifiek transitiepad. In dit geval kan de opbouw van het RWS areaal, dat nu als referentie in het model zit, vervangen worden door de referentie opbouw van deze nieuwe scope. Vervolgens zou de impact van de innovaties, die nu in het rekenmodel zitten, berekend kunnen worden voor het project. Het is mogelijk om in een latere fase eenvoudig nieuwe innovaties toe te voegen aan het model.

4.4.2 Referenties

Referenties zijn kleine 'lego blokjes', bestaande objecten, in het areaal van RWS. Hierin is voor elk 'lego blokje' een referentie materialisatie opgenomen, bestaande uit producten, die de stand der techniek van vandaag de dag weergeven. Het totale areaal is ingeschat door de 'lego blokjes' te vermenigvuldigen tot het aantal dat op het areaal aanwezig is.

Een inschatting van het totale areaal van RWS is overgenomen uit het rapport 'Circulair sturen op hoogwaardig hergebruik van toegepaste en toe te passen materialen' van RHDHV (Royal Haskoning DHV, 2018). Deze informatie is verder aangevuld vanuit RWS intern, resulterend in een overzicht van de objecten in beheer op het areaal van RWS (Tabel 3). Door het enorme bereik van het areaal van RWS is het ingewikkeld om voor alle aparte 'lego blokjes' een specifiek referentie te bepalen. Aangezien dit niet voor alle lego blokjes haalbaar is, verliest deze studie een deel van haar detail-niveau. Om deze details te bewaren zou er per onderdeel een aparte inventarisatie uitgevoerd moeten worden. Hoofdstuk 7, de discussie, gaat hier uitgebreider op in.

Bulkmaterialen als zand en grond worden in grote hoeveelheden gebruikt op het areaal van RWS. In deze studie zijn deze buiten beschouwing gelaten. Het handelingsperspectief voor deze 'bijzondere' materialen is vrij helder: denk aan het "nieuwe draaien" (reductie emissies van het verzetten van de grond), de overschakeling naar duurzame energiebronnen en eventueel het meewegen van ecosysteemdiensten die grond levert in de keuze voor de civieltechnische toepassing. Bovendien zou het resultaat van de innovaties door de omvang van deze materiaalstromen vertroebelen.

De beschouwingsperiode van deze studie is op 30 jaar gehouden omdat dit zowel de tijdsspanne is van het klimaatakkoord als het grondstoffenakkoord (2050). Zodoende is er een beschouwingsperiode van 30 jaar gehanteerd, ondanks dat bepaalde onderdelen een mogelijk

langere levensduur hebben. Hierbij zit een verschil tussen de projectlevensduur, de beschouwingsperiode (30 jaar in deze studie), en de levensduur van een object/product of onderdeel (RSL, reference service life).

Volgens de SBK Bepalingsmethode en de CB'23 leidraad wordt er voor producten die een RSL hebben van minder dan 30 jaar de breukenmethode toegepast. Deze methode deelt de beschouwingsperiode door de RSL en geeft aan hoeveel van de volgende cyclus meegerekend wordt in de beschouwingsperiode. Bijvoorbeeld een object heeft een beschouwingsperiode van 30 jaar, waar een onderdeel daarvan maar 20 jaar mee gaat. Om hiermee rekening te houden wordt dan $30/20=1,5x$ de cyclus meegenomen in de berekening. De breukmethode heeft altijd een minimum aantal toepassingen binnen een beschouwingsperiode van 1, omdat de milieulast bepaald is voor de gehele cyclus, inclusief een afvalscenario. Veel getoetste innovaties en referenties hebben een langere levensduur dan 30 jaar, desalniettemin wordt er om de hiervoor benoemde reden gerekend met de milieulast van één gehele cyclus.

Voor ieder van de objecten in het areaal (Tabel 3) zijn gemiddelde materialisaties opgesteld, gebaseerd op opdrachten uitgevoerd door NIBE in opdracht van RWS (o.a. Haalbaarheidstoets Innovatiedoelen en -ambities InnovA58 (NIBE, 2017)), interne bronnen binnen RWS en, indien verder niet beschikbaar, gegevens van aannemers van RWS projecten. De materialisaties zijn weergegeven in BIJLAGE 3.

Product	Referentie eenheid	RSL	Areaalgegevens	Eenheid
A- en/of N-wegen	1 kilometer	30 jr	5500	km
Geleiderail	1 meter	20 jr	7.409.000	m
Portaal	1 stuk	20 jr	6000	stks
Lichtmast	1 stuk	30 jr	89837	stks
Geluidsscherm	1 m ²	30 jr	2.580.000	m ²
Viaduct	1 stuk	30 jr	2785	stks
Brug	1 stuk	30 jr	746	stks
Tunnel	1 stuk	30 jr	25	stks
Damwanden	1 m ²	30 jr	7.820.000	m ²
Kolk	1 stuk	30 jr	1	stks

Tabel 3. Referentiegegevens

Voor de volgende objectgroepen lichten we de uitgangspunten nader toe;

A- en/of N-wegen

Uit het rapport van Royal Haskoning DHV (2018) komt naar voren dat RWS 88.9 km² verhardingsareaal beheert. Daarnaast is in hetzelfde rapport te lezen dat de A- en N-wegen een gezamenlijke lengte hebben van 5500 km. Door het verhardingsareaal te delen door de totale lengte van de wegen onder beheer van RWS is afgeleid dat de wegen een gemiddelde verharde breedte hebben van 16 meter. Deze breedte wordt naast de referenties voor asfalt ook gebruikt bij constructies die de verharding overspannen (portalen, viaducten).

Geleiderail

Per kilometer rijksweg wordt gebruik gemaakt van 1350 meter geleiderail. Deze waarde is hoger dan 1 km en lager dan 2 km, omdat geleiderail aan beide zijden van de weg kan worden geplaatst, maar

niet overal geleiderail wordt geplaatst. De referentie van de geleiderail is op basis van de VLP 2Z C133-80 uit DuboCalc versie 6.0.

Portaal

Op dit moment bestaan de portalen onder beheer van RWS uit twee types, het model 2005 en het model 2011. In de referenties is gekozen voor het gemiddelde materiaalverbruik van beide modellen.

Lichtmast

De referentie van de lichtmast is gebaseerd op gegevens uit 'Haalbaarheidstoets Innovatiedoelen en -ambities InnovA58' (NIBE, 2017). Er is uitgegaan van een gemiddelde van 16,67 lichtmasten per kilometer rijksweg (plaatsing om de 60m), waarbij elke lichtmast conform DuboCalc een gewicht heeft van 538 kg.

Geluidsscherm

De eenheid waarin de groep geluidschermen wordt uitgedrukt is m². Deze eenheid is gekozen vanwege de verschillende hoogtes en eisen die voor deze groep worden toegepast. Bovendien zorgt deze eenheid ervoor dat schaalbaarheid goed mogelijk is.

Bruggen, viaducten en tunnels

Bruggen, viaducten en tunnels zijn in veel gevallen uniek. Dit maakt het ondoenlijk om in te schatten of de vergelijking in materialen voor brug A ook objectief is voor brug B. Om deze reden is besloten om voor brug gerelateerde innovaties geen vergelijking op het areaal niveau te maken, maar een aparte vergelijking op basis van een eerdere studie naar de Balgzandbrug (NIBE, 2020).

De Balgzandbrug heeft echter niet het juiste formaat om representatief te worden geacht voor alle bruggen en viaducten op het areaal van RWS. Om de totale milieu-impact veroorzaakt door de bruggen en viaducten in het gehele areaal van RWS (daarbij ook het aandeel van de bruggen en viaducten op de milieulast van alle objecten) zo specifiek mogelijk in te kunnen schatten, is in deze referentie uitgegaan van de brug over het Wilhelminakanaal uit de planfase voor de uitbreiding van de A58 (NIBE, 2017).

Voor een tunnel is een tenderontwerp van een van de marktpartijen voor de Blankenburgtunnel gehanteerd (NIBE, z.d.). Voor het viaduct is een standaard ontwerp voor een viaduct overgenomen uit de studie voor innovA58 over het meten van circulariteit, welke opgesteld is door NIBE (NIBE, 2018). Voor deze studie is geen referentieontwerp voor een aquaduct beschikbaar. Voor een aquaduct is de aanname gedaan dat deze overeenkomt met 1/3 tunnel (op basis van lengte) en dit aantal is opgeteld bij de hoeveelheid aan tunnels.

Damwanden

Het aantal strekkende kilometers damwand is aangeleverd door RWS; 782 km. De referentie van de damwanden is afkomstig uit de DuboCalc database (bibliotheek: 6.01.27092018). Hierbij is op aangegeven van RWS rekening gehouden met een gemiddelde lengte van de damwanden, wat invloed heeft op de massa per strekkende meter.

In overleg met RWS is er ingeschat dat betonnen of stalen damwanden met een lengte tot 6 meter vervangen kunnen worden door houten damwanden. Op basis van een analyse van twee kanalen

onder beheer van RWS, het Wilhelminakanaal en de Zuid-Willemsvaart, is er ingeschat dat tussen de 58% en 67% van de toegepaste damwanden korter of gelijk zijn aan 6 meter. Om een conservatieve aanname te doen is er besloten om aan te nemen dat 50% van de damwanden vervangen kunnen worden door de houten variant.

Kolk

Voor de kolk zijn op het moment van schrijven nog geen areaalgegevens beschikbaar. Echter was de data wel beschikbaar om de innovatie alvast af te zetten t.o.v. de referentie. De referentie is gebaseerd op data uit de DuboCalc database (bibliotheek: 6.01.27092018).

4.4.3 Bedrijfsspecifieke LCA's & generieke LCA's

De stappen beschreven onder 4.4.1, Rekenmodel en 4.4.2, Referenties gelden in basis ook voor de bedrijfsspecifieke LCA's en de LCA's van de generieke innovaties. Alle innovaties zijn beoordeeld op volledigheid van de LCA en er is gekeken naar de methode waarop de LCA is gebaseerd. Niet alle innovaties konden worden geselecteerd voor de kwantitatieve analyse, de geanalyseerde innovaties staan in het overzicht hieronder vermeld. Zoals aangegeven worden alleen de innovaties met een bruikbare, aangeleverde LCA-berekening meegenomen.

Innovatielijst

Bedrijfsspecifieke Innovaties	Generieke Innovaties
<ul style="list-style-type: none"> • Grind-alternatief in beton² • Reduton (VD Bosch beton BV) • Greenwall Classic H (Greenwall BV) • Green Silence Wall (Strukton Prefab Beton) • Hillblock (Hillblock BV) • Natureline (Save Plastics) • SMA GRA8 Colt (Mourik Infra BV) • SQAPE 350 RAMAC (SQAPE BV) • The Right Wae – beton (Studio Wae) • Tegra Kolk – (Wavin Nederland B.V.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Combi damwand • Houten damwand • Houten portaal • Houten geleiderails • Houten brug (Accoya) • Houten brug (Azobé)

4.5 Sociale innovatie

Om te bepalen hoe de partijen in de GWW-sector functioneren op het gebied van sociaal innoverend vermogen is besloten om dezelfde vragenlijst als voor de NIM toe te passen (UvA, 2020). Door dezelfde vragenlijst te hanteren, kan op pragmatische wijze worden gekeken hoe de GWW-sector presteert t.o.v. de overige bedrijven in de bouwnijverheid en Nederlandse bedrijven in het algemeen. De vragenlijst is in te voeren geweest voor dezelfde periode als de vragenlijst voor de

² De producent van deze innovatie heeft aangegeven dat de naam van de innovatie en van de producent niet benoemd mag worden in de rapportage. Daarom is de naam generiek gemaakt.

kwantitatieve analyse (6 augustus 2020 – 29 september 2020). Dit is ruim een maand korter dan de vragenlijst van de NIM, welke 3 maanden beschikbaar was.

De vragenlijsten hebben het volgende aantal reacties ontvangen (Heij, 2020):

Nationale Innovatie Monitor: 892

GWW-bedrijven: 12

Na opschoning zijn 10 bruikbare reacties beschikbaar. De 10 bedrijven die meegenomen zijn in de analyse hebben gemiddeld 2020 werknemers, met een grote spreiding in het aantal werknemers. De bedrijven bestaan gemiddeld 50 jaar en de vragenlijsten zijn ingevuld door managers of algemeen directeuren (idem.).

De resultaten van de studie van het UvA kunnen in hoofdstuk 5.3 terug gevonden worden.

5 Resultaten

In het eerste deel van dit hoofdstuk worden de resultaten van de enquête behandeld, daarna wordt uitgebreid ingegaan op de resultaten van de kwantitatieve studie. Vervolgens worden de resultaten van het onderzoek naar innovatief vermogen kort gepresenteerd.

5.1 Kwalitatieve analyse

De enquête is door 80 respondenten ingevuld. De meeste respondenten beantwoordden alle vragen. Van deze respondenten hebben 20 een LCA geüpload, waarvan 11 konden worden gebruikt in de kwantitatieve analyse. Ondanks dat nog vrij weinig bedrijven een LCA hebben opgesteld, kan er uit het ruime aanbod aan reacties wel inzichtelijke resultaten worden gehaald. Per thema zijn de antwoorden geanalyseerd en worden de bevindingen hieronder gepresenteerd.

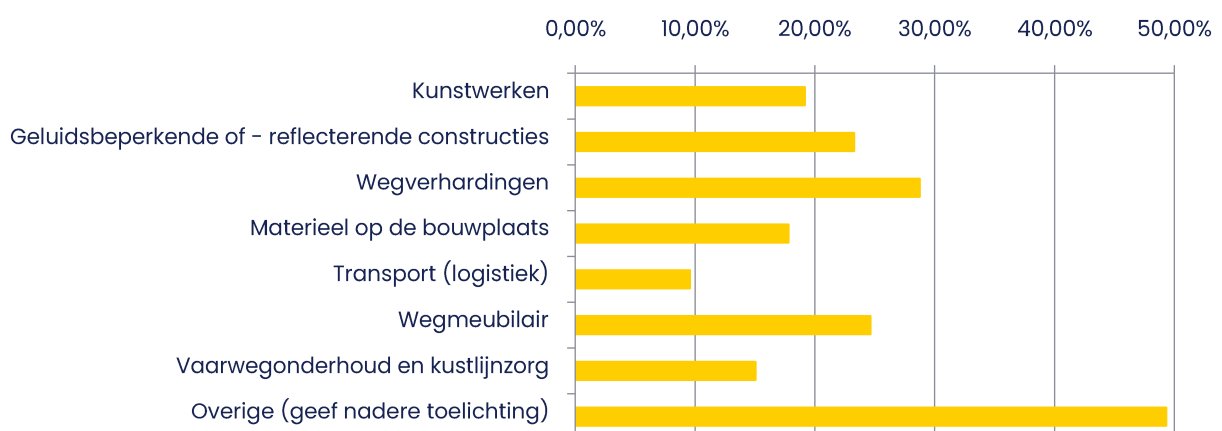
5.1.1 Algemene introductie

De 80 respondenten zijn verspreid over diverse branches. Zij vertegenwoordigen een brede waaier van bedrijven (klein en groter) en innovaties (van IT-innovaties tot productoplossingen). De volgende paragrafen lichten de vragen en antwoorden daarop toe.

5.1.1.1 Toepassingsgebied en duurzame bijdragen

Als introductie is gevraagd naar het toepassingsgebied binnen de bedrijvigheid van RWS. Respondenten konden meerdere functies (antwoordopties) aangeven. Hieruit blijkt dat het totaal bijna 200% bedraagt, zie Grafiek 1. Dit getal is meer dan 100%, omdat de respondenten meerdere antwoorden konden selecteren. Het betekent dat een innovatie gemiddeld op 2 toepassingsgebieden inzetbaar is. Er is te zien dat er een goede mix is van verschillende toepassingsgebieden, hieruit kan afgeleid worden dat de aangedragen innovaties breed toepasbaar zijn. Over het algemeen is het heel positief om te zien dat voor elk toepassingsgebied innovaties zijn, hiermee kan de transitie worden gestimuleerd.

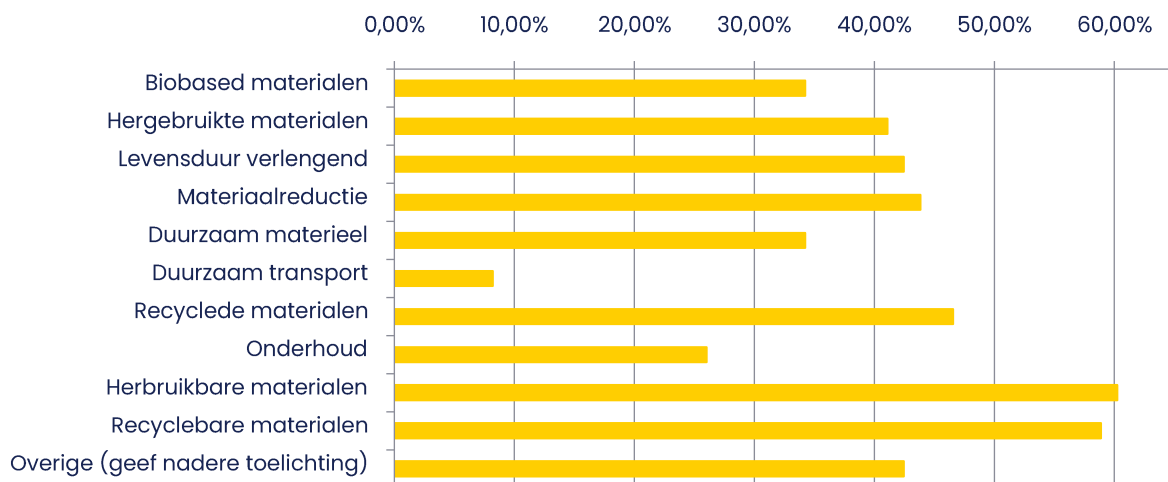
Wat is het toepassingsgebied voor de innovatie?



Grafiek 1: Antwoorden vraag 4 enquête.

Bij deze vraag werd verwezen naar een deel van de website van RWS, toch blijkt uit de antwoorden gegeven bij “overig” dat er een gebrek is aan kennisniveau van de respondenten. In dit onderdeel zijn sporadisch antwoorden gegeven die te vangen zijn binnen een van de andere toepassingsgebieden. Zo hadden “bruggen” – een antwoord gegeven door een respondent bij kunstwerken kunnen worden toebedeeld, alsook: Watersector – een gegeven antwoord bij Vaarwegonderhoud en Kunstlijnzorg. Daarnaast is het te verklaren waarom er meer antwoorden zijn dan aantal respondenten: er is een significant aandeel materiaal vervangende innovaties (cementloos beton, biobased) en deze kunnen mogelijk op verschillende toepassingsgebieden te implementeren zijn. Onder “Overige” zitten ook veel ICT-gerelateerde innovaties: besturingsplatform, IT netwerk apparatuur of circulaire vooruitgang door data-gedreven analyses. De analyse liet zien dat deze bedrijven vaak bij alle toepassingsgebieden een vinkje hebben gegeven, wat wellicht niet altijd correct is. De manier waarop de toepassingsgebieden van RWS nu benoemd zijn biedt nog geen ruimte om ICT-gerelateerde innovaties te groeperen.

Hoe draagt uw innovatie bij aan een circulaire en/of duurzame GWW?



Grafiek 2. Antwoord vraag 5 enquête

In vraag 5 is er gevraagd op welke manier de innovatie bijdraagt aan een circulaire en/of duurzame GWW-sector, zie Grafiek 2. De respondenten konden meerdere mogelijkheden aangeven. Het totaal van deze vraag bedraagt daarom bijna 400%, wat inhoudt dat de innovaties op gemiddeld bijna 4 manieren bijdragen aan een circulaire/duurzame GWW. Wat opvallend is, is dat veel van de reacties contradictoir zijn. Zo worden bij technologische (ICT) innovaties bijna alle toepassingsgebieden aangehaald, terwijl deze eigenlijk voornamelijk onder “Overige” in te delen vallen. Een ander voorbeeld is een innovatie waar “waardevermeerdering uit het kappen van bomen” is aangegeven, hierbij is “hergebruikte materialen” aangegeven, terwijl bomen een primaire grondstof zijn.

Het is moeilijk te zeggen of men goed begrijpt wat het verschil is tussen de verschillende mogelijkheden om bij te dragen aan een circulaire economie, omdat niet bij elke innovatie een uitleg is beschreven. Hierdoor ontstaat er ruimte voor (mis)interpretatie van de respondent, waardoor het mogelijk is dat de respondent de definities anders interpreteert dan dat RWS bedoelt. Deze obstakels kunnen in het vervolg mogelijk voorkomen worden door een betere toelichting in de enquête.

In de categorisering van de aangedragen innovaties zat een aantal dubbeltellingen en overlap. Dit is niet eenvoudig te duiden, wel kunnen twee mogelijke verklaringen worden aangewezen:

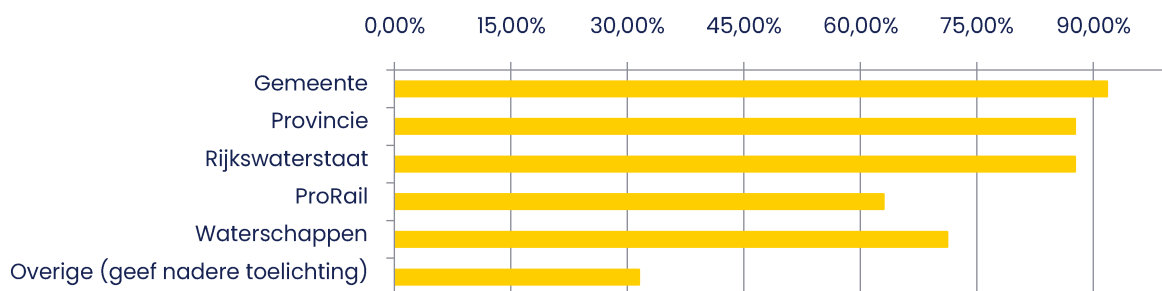
- Respondenten menen hun kansen te vergroten door meerdere raakvlakken toe te kennen.
- Een groot aantal innovaties draagt bij aan verschillende duurzaamheidsaspecten; de markt vraagt simpelweg om slimme en veelzijdige oplossingen en die worden ook geleverd.

Over het algemeen tekent dit een positief beeld waarin alle toepassingsgebieden gerepresenteerd worden. Enkel innovaties in de categorie Duurzaam Transport lijken ondervertegenwoordigd. Een mogelijke verklaring hiervoor is de geringe overlap tussen duurzaam transport en circulariteit.

5.1.1.2 Doelgroep

Het is interessant te weten voor wie de innovatie van belang kan zijn. Ook voor deze vraag was het mogelijk meerdere doelgroepen te selecteren. Er is een mooie verdeling van primaire opdrachtgevende instanties.

Voor welke opdrachtgevende doelgroep is of kan de innovatie interessant zijn?



Grafiek 3. Antwoord vraag 6 enquête

De innovaties kunnen over het algemeen breed toegepast worden. Hierbij lieten de respondenten weten dat de innovaties vaak alternatieven bieden voor materialen en daardoor breed toepasbaar zijn ("Overall waar hout wordt toegepast is deze innovatie een mogelijkheid").

Overige andere instanties welke terugkomen in de nadere toelichting:

- Natuurorganisaties;
- Particulier;
- Utilitair (bedrijventerreinen);
- Rijksvastgoedbedrijf;
- Schiphol + Havens;
- Bouw en vastgoedsector.

Ook hier wordt de diversiteit van de aangedragen innovaties weer duidelijk gemaakt: er zijn veel integrale oplossingen welke heel divers kunnen worden toegepast. Zowel op landelijk niveau, als op (regionaal) microniveau.

5.1.1.3 Innovatief karakter

Gevraagd is naar het type probleem dat de innovatie beoogt op te lossen, wat innovatief is aan het idee en hoe vaak het al is toegepast. Er is een grote variatie in de antwoorden op deze vraag. Dit is terug te leiden tot de diversiteit van toepassingsgebieden en type bijdragen. Een patroon dat terugkomt in de antwoorden is reductie van factoren zoals uitstoot in diverse milieucategorieën (stikstof, CO₂), energiegebruik of gebruik van primair materiaal. Daarnaast is er uit de antwoorden herleid dat veel innovaties inspelen op het faciliteren van hergebruik, scheiding, recycling en modulariteit. Daarnaast zijn klimaatverandering en -adaptatie ook veel genoemde voorbeelden van waar de innovaties op inspelen. De meeste innovaties zijn al vaker toegepast, van de 71 geanalyseerde innovaties zijn er 6 die nog niet zijn toegepast, 34 die tussen de 1 en 24 keer zijn toegepast en 28 innovaties zijn meer dan 25 keer toegepast.

Hieronder worden een aantal voorbeelden omschreven van type problemen die de innovaties beogen op te lossen:

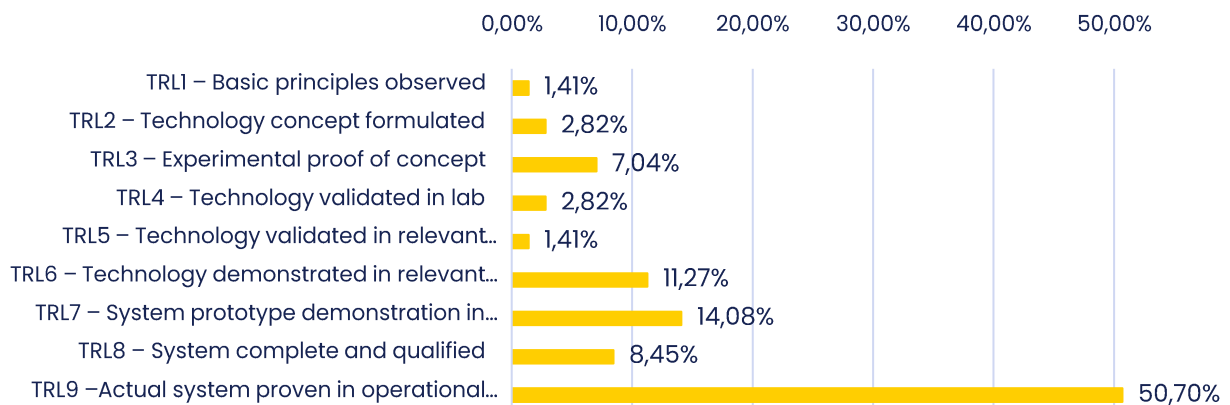
- Probleem van het niet kunnen meten van donkere plastics, innovatie speelt in op verbeterde kwaliteitscontrole van plastic waarbij donkere plastics en materiaal degradatie gemeten kan worden.
- Mogelijk te laagwaardig recyclen (verbranden) van nog goed bruikbare grondstoffenstromen.
- De CO₂-uitstoot welke vrijkomt bij de productie.
- De grondstoffen raken in snel tempo op. Wij moeten deze grondstoffen langer, liefst oneindig, in de 'loop' houden. Met deze innovatie kan dat.
- Duurzaam gebruikte grondstoffen, behoud van bomen, CO₂ reductie en 56 maal minder effect op de biodiversiteit.
- Het systeem voorkomt wateroverlast en houdt kostbaar zoet water beschikbaar voor hergebruik tijdens lange droge periodes. Schade door weersextremen als gevolg van klimaatverandering (wateroverlast, droogte, verzilting, bodemdaling).
- Reductie energieverbruik en sterke verlaging van de CO₂-uitstoot.
- Het lost enerzijds de schaarste nu of in de toekomst van een natuurlijk product (natuur rubber) op door hergebruik van 100% reststroom rubber wat na gebruik van tenminste 75 tot wel 100 jaar weer opnieuw te recyclen is. Anderzijds draagt het door haar toepassing bij aan een verlaging van energie kosten door isolatie en of koeling door het vasthouden van water, geluidsdemping door de dempende eigenschappen van rubber en het vergroenen en creëren van een gezondere omgeving.

5.1.2 Toepasbaarheid

De drie vragen binnen het thema toepasbaarheid gaan in op het TRL-niveau en toepasbaarheid binnen het areaal van RWS. De uitkomsten van de enquête laten zien dat veel innovaties al in een vergevorderd stadium van ontwikkeling zijn, zie Grafiek 4, en wellicht binnen afzienbare tijd ingezet kunnen worden om de circulaire transitie te stimuleren. Er zijn relatief weinig TRL 1-5 innovaties ingevoerd. Dit kan verklaard worden doordat deze innovaties zich nog in de R&D-fase bevinden, een stadium van de productontwikkeling waarin het delen van mogelijk concurrentiegevoelige data nog onwenselijk geacht kan worden. Anderzijds duidt het TRL 9 niveau aan dat innovaties klaar zijn om

toegepast te gaan worden binnen het areaal van RWS. Wat echter opvallend is, is dat binnen het TRL 9 niveau relatief veel innovaties zijn waarbij het opgegeven aantal toepassingen (≤ 20 toepassingen) laag is. Hierbij gaat het om 17 van de 36 TRL-9 innovaties. Er zijn 12 producten opgegeven als innovaties, ondanks dat deze innovaties volgens de producent meer dan 100 maal zijn toegepast.

In welke TRL-niveau bevindt de innovatie zich?



Grafiek 4: Antwoord vraag 12 enquête

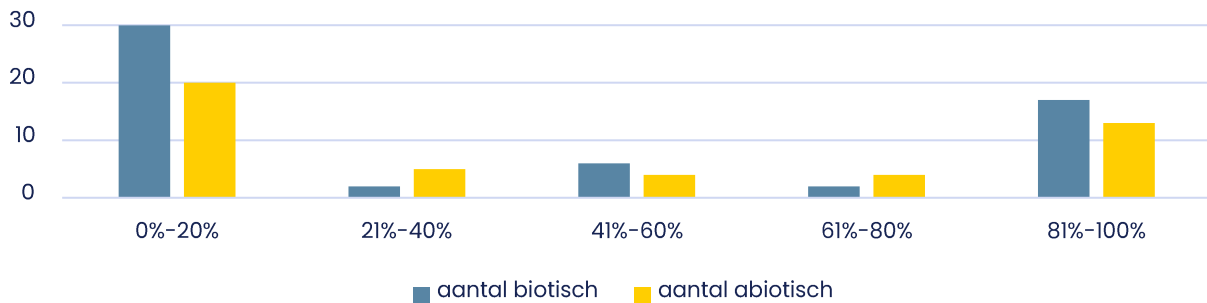
Een hoog TRL niveau wil niet direct zeggen dat het gehele areaal van RWS met de innovatie uit te voeren is, dit heeft onder andere te maken met de beschikbaarheid van grondstoffen. Van de respondenten geeft 78% aan dat hun innovatie geen last zal ondervinden van opschalen en dus toepasbaar is binnen het areaal van RWS. De overige 16 geven aan dat dit niet mogelijk is. Van deze 16 geeft een aantal aan waarom het niet mogelijk zou zijn. Antwoorden die hier op gegeven zijn, zijn bijvoorbeeld dat het alleen om het areaal van een bepaald materiaal gaat, zoals alle hout of beton producten. Of dat de innovatie direct toepasbaar is op specifieke locaties, bijvoorbeeld alleen bij in- en uitritten. Andere gegeven uitleg is dat het pas op grotere schaal toegepast kan worden mits een volwassen markt ontstaat, deze innovaties zijn bijvoorbeeld afhankelijk van goede recycling en hergebruik systemen en de daarbij vrijkomende materialen.

Als laatste is gevraagd of de innovaties materialen of stoffen bevatten die op de “zeer zorgwekkende stoffen”-lijst van REACH staan (chemsafetypro, 2020). Stoffen op deze lijst kunnen mogelijk toekomstig hergebruik belemmeren en geven doorgaans geen gewenste milieu-impact. Door alle respondenten is hier nee op geantwoord, waarbij sommige innovaties een langere uitleg geven.

5.1.3 Grondstofgebruik

Er zijn zeven vragen gesteld over het grondstofgebruik van de innovaties. Allereerst of de innovatie socio-economische schaarse grondstoffen bevat die op de CRM-lijst staan (European Commission, n.d.). Het gros van de respondenten geeft aan dat hun innovatie geen stoffen van deze lijst bevat. Sporadisch wordt een melding van een schaarse grondstof gedaan. Opvallend is dat de IT-gerelateerde innovaties aangeven geen schaarse grondstoffen te gebruiken, echter zijn er veel materialen benodigd voor de chips, schaarse goederen die ook op de CRM-lijst staan. Hieruit valt nogmaals af te leiden dat niet altijd de benodigde materiaal- en productkennis bij de respondenten is.

Aantal innovaties met een aandeel biotische of abiotische grondstoffen



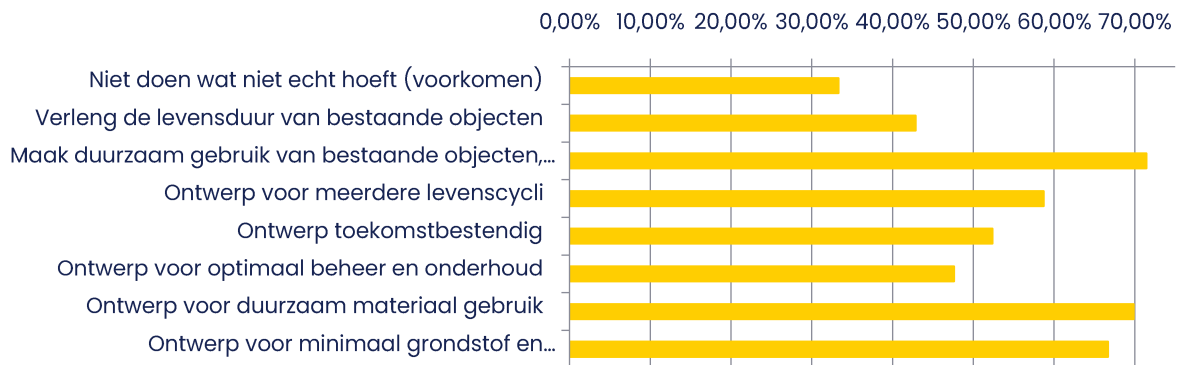
Grafiek 5: Antwoord vraag 15 en 17 enquête

De vragen 15 en 17 gaan in op het aandeel biobased (biotisch hernieuwbare) en abiotische hernieuwbare grondstoffen. Hieruit blijkt dat er, afhankelijk van het type innovatie, een groot of laag aandeel biobased kan worden toegepast, zie Grafiek 5. Dit is niet zo gek, gezien de diversiteit van de aangedragen innovaties. Hetzelfde geldt voor het aandeel abiotische grondstoffen. Er zijn minder innovaties met een 50/50 aandeel van een of beide soorten grondstoffen. Wat wel opvallend is, is dat bij sommige materialen zowel een hoog aandeel biotisch als abiotisch materiaal wordt toegepast. Onder abiotische hernieuwbare materialen valt, in Nederland, eigenlijk alleen klei en bij verschillende innovaties worden andere grondstoffen opgegeven. Daarnaast werden diverse abiotische grondstoffen, zoals water en zand, benoemd als biotische grondstoffen. Ook dit is een indicatie dat niet altijd de benodigde materiaal- en productkennis bij de respondenten aanwezig is.

5.1.4 Circulariteit

De vragen bij het derde thema laten zien in hoeverre bij het ontwerp en de materiaalkeuze van de innovaties circulaire principes zijn toegepast. Van de aangedragen innovaties geeft bijna 90% van de respondenten aan dat circulaire ontwerpprincipes zijn toegepast, zoals beschreven op de website van RWS (Rijkswaterstaat, 2018). Meerdere principes konden worden aangegeven. Zoals te zien in Grafiek 6 hebben de innovaties betrekking op een mooie mix van diverse ontwerpprincipes.

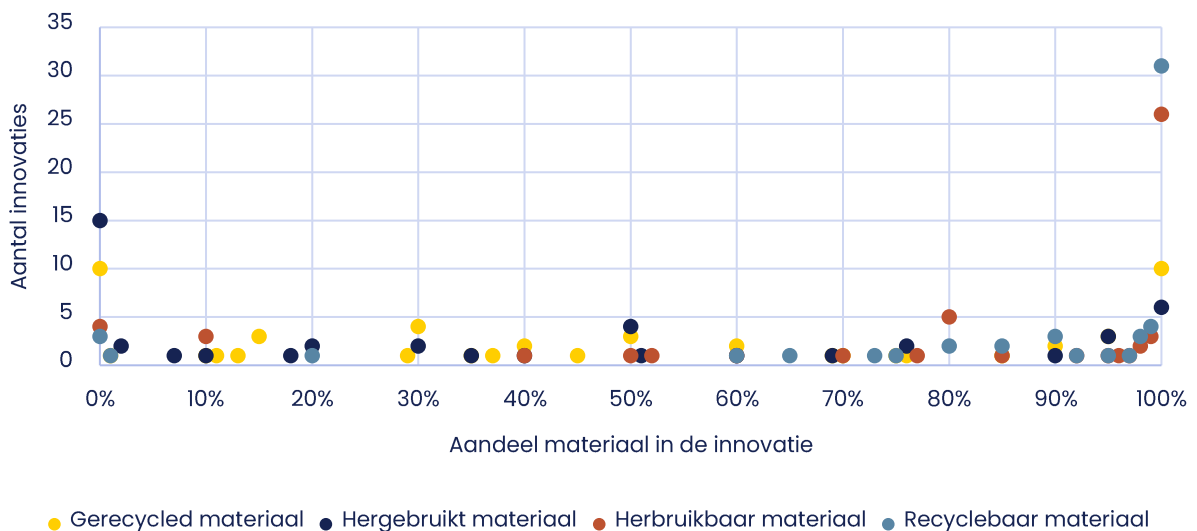
Kunt u aangeven welk principe voor circulair ontwerpen hierbij gehanteerd is?



Grafiek 6: Antwoord vraag 22 enquête

Naast circulaire ontwerpprincipes is het ook mogelijk om secundair materiaal toe te passen in de innovatie, en/of is het mogelijk dat aan het eind van de levensduur materiaal vrijkomt wat weer opnieuw ingezet kan worden. Grafiek 7 laat de spreiding zien, op een schaal van 1%-100%, van het aantal innovaties dat een aandeel secundaire input of output heeft. Te zien is dat er voor alle categorieën een aandeel 0% of 100% is. Tevens is een goede spreiding in het midden segment te zien.

Aantal innovaties met een aandeel gerecycled, hergebruikt, herbruikbaar of recyclebaar materiaal



Grafiek 7: Antwoord vraag 23, 24, 25, 27 enquête

Wat opvallend is aan de grafiek is dat voor het percentage secundair materiaal aan het begin van de cyclus (gerecycled materiaal en hergebruikt materiaal) het meest 0% is gekozen. Als gekeken wordt naar de output, herbruikbaar materiaal en recyclebaar materiaal, is juist 100% het meest gekozen. Er zijn dus veel meer materialen in de innovaties die mogelijk aan het eind van de

levensduur een vorm van een tweede leven kunnen krijgen, dan dat in het productieproces gebruikt wordt. Daarnaast valt op, ondanks dat dit niet herleidbaar is uit Grafiek 7, dat binnen één innovatie voor zowel input recycling of hergebruik meer dan 100% ingevuld is. Dit kan niet, een product bestaat voor maximaal 100% uit materialen. In uiterste gevallen was tweemaal 100% input ingevuld (zowel gerecycled als hergebruikt), of recyclebaar of herbruikbare output.

Daarnaast is geïnventariseerd hoe vaak een innovatie in een nieuwe cyclus kan worden toegepast, dus hoe vaak het te hergebruiken of te recyclen is. Van de 53 respondenten die vraag 26 (te hergebruiken) hebben ingevuld geeft het gros aan dat de respectievelijke innovatie meerdere malen opnieuw kan worden toegepast., waarbij het uiteenloopt van een paar keer tot oneindig. Dit komt overeen met Grafiek 6, waarin is te zien dat ontwerpprincipe "Ontwerp voor meerdere levenscycli" door 60% van de respondenten is ingevuld. Op de vraag hoe vaak een materiaal gerecycled kan worden, vraag 29, zijn vergelijkbare antwoorden gegeven.

5.1.5 Milieu

De resultaten binnen dit thema zijn voornamelijk geanalyseerd in de kwantitatieve analyse. De eerste vraag is of er een LCA is opgesteld van de innovatie en of deze geüpload kon worden. In totaal zijn 20 LCA's geüpload, waarvan 11 voldoen om gebruikt te worden in de kwantitatieve analyse.

Stikstof

Wat een LCA nog niet aangeeft, is de stikstofuitstoot. Deze is verwerkt in de overige milieu-indicatoren van een LCA. Daarom is specifiek gevraagd naar de mate waarin een innovatie ontwikkeld is om dit te verminderen. In totaal hebben 62 respondenten geantwoord: 37 innovaties zijn niet ontwikkeld om stikstof te reduceren, 25 innovaties wel. Een aantal respondenten heeft de moeite genomen aan te geven hoeveel reductie optreedt ten opzichte van de referentie, maar dit zijn te weinig reacties om conclusies aan te verbinden.

Fijnstof

Als laatste de vraag of de innovatie ontwikkeld is om ultrafijnstof-uitstoot te verminderen. Uit de 61 reacties blijkt dat 19 innovaties geënt zijn op het verminderen van deze uitstoot, 42 innovaties niet.

5.2 Kwantitatieve analyse

Voor de kwantitatieve analyse is een onderscheid gemaakt tussen bedrijfsspecifieke innovaties en generieke innovaties. Per innovatie zullen we de belangrijkste eigenschappen benoemen, waarna er vervolgens een bondige analyse van het dashboard plaatsvindt. Bedrijfsspecifieke innovaties hebben gereageerd op de vragenlijst zijn daarom meegenomen in de kwalitatieve innovatie. Echter zijn de generieke innovaties geüpdatete innovaties uit de vorige studie naar circulaire innovaties in de GWW (van Leeuwen M. , 2018). Hierdoor zijn voor de generieke innovaties de belangrijkste eigenschappen bepaald o.b.v. data uit 2018. Alle hieronder benoemde innovaties hebben een TRL-level van TRL 9.

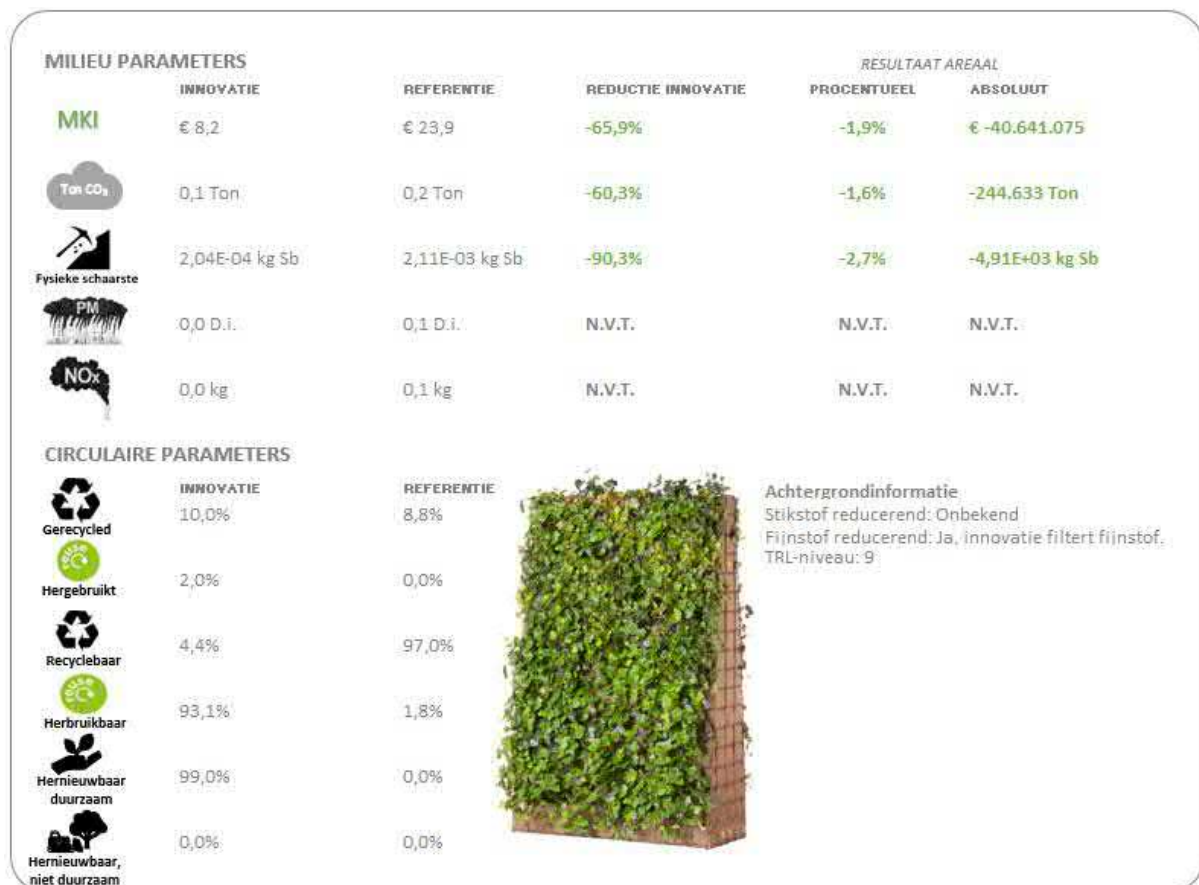
Uit de dashboards voor de diverse innovaties is af te lezen dat de fysieke schaarste, uitgedrukt door de grootheid "Uitputting van abiotische grondstoffen" een grote variatie kent. Zie voor meer uitleg hoofdstuk 7 - Discussie. Er wordt op het moment van schrijven nog onderzoek gedaan naar de oorzaak, resultaten moeten daarom met enige voorzichtigheid beschouwd worden.

5.21 Bedrijfsspecifieke innovaties

5.2.1.1 Greenwall Classic H

De Greenwall Classic H constructie is een trapeziumvormig geluidsscherm, bestaand uit een stalen kooi, ingelegd met een versterkt natuurvezeldoek, gevuld met kalkhennepe. Het gebruik van een biobased kern is uniek in de infrastructuur van Nederland. Het biedt de mogelijkheid om een geluidsscherm funderingsloos tot 7 meter hoog te bouwen. Ter plaatse wordt de constructie gemonteerd en afgevuld en vervolgens naar keuze intensief of extensief beplant. De Greenwall Classic H wordt toegepast als geluidsscherm langs rijkswegen, het spoor, in de openbare ruimte en langs gemeentelijke en provinciale wegen. Van 1 uitvoeringsvorm (Greenwall® Classic) is een LCA uitgevoerd en deze is opgenomen in de Nationale Milieu Database.

Dashboard



Figuur 11: Dashboard innovatie Greenwall Classic H.

Voor Greenwall is een getoetste LCA gebruikt. Ten opzicht van de referentie is een reductie van bijna 66% zichtbaar op MKI. De reductie op CO₂-uitstoot is procentueel net iets meer dan 60%. Op areaal niveau behaalt Greenwall een reductie op MKI van 1,9%. De invloed op CO₂-uitstoot op areaal niveau is 1,6%. Dit is verklaarbaar doordat de zwaartepunt van de milieulast op het totale areaal niet bepaald wordt door geluidschermen. De indicator voor fysieke schaarste (ADP) geeft een verbetering van 90,3%. Bij de innovatie bestaat het product voornamelijk (99%) uit biobased materialen, dit is ook goed terug te zien in het dashboard. Daarnaast is 93% van de innovatie herbruikbaar t.o.v. 1,8% van de referentie, dit komt omdat bij de Greenwall vooral het afvalscenario

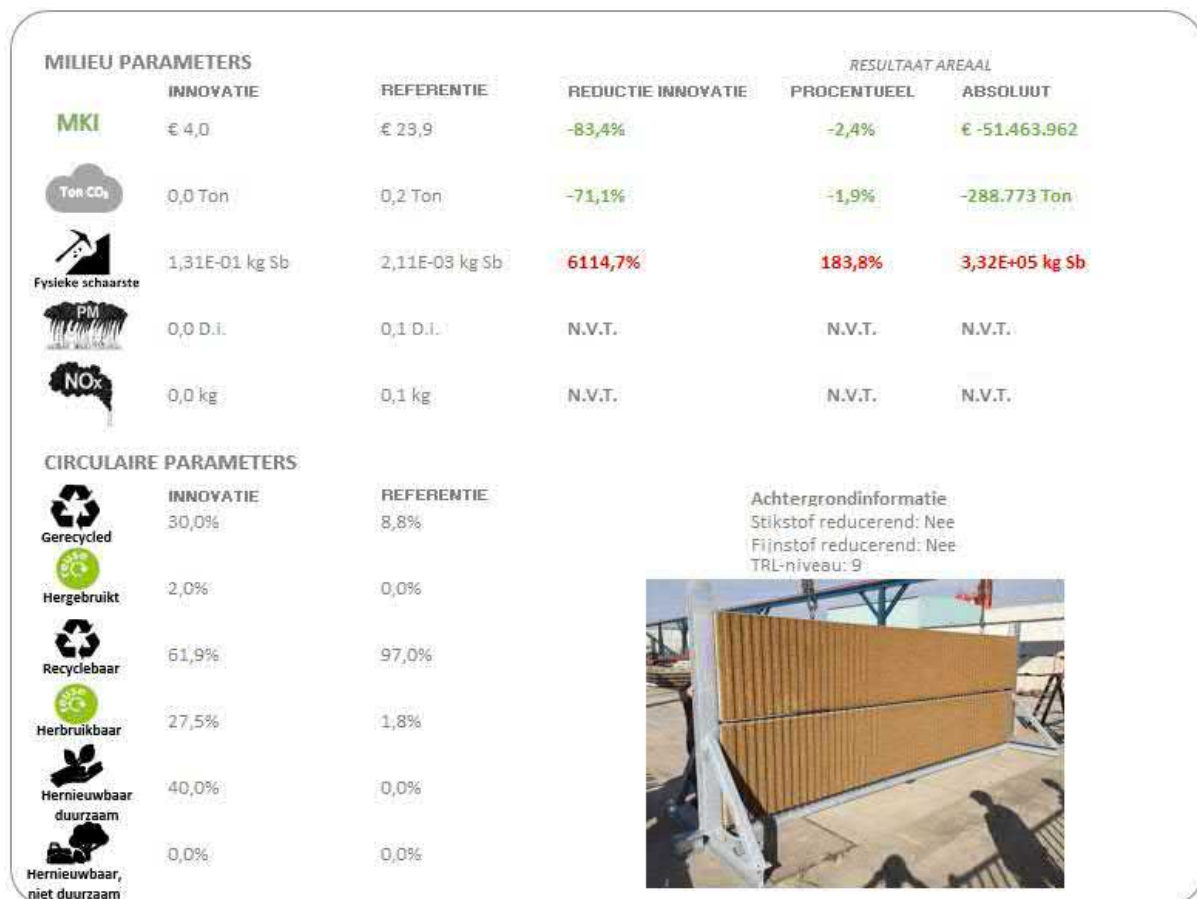
voor zand/grond is aangehouden. Dit afvalscenario geeft aan dat dit materiaal aan het einde van de levensduur voor 99% hergebruikt kan worden.

Op circulair gebied presteert de Greenwall dus anders dan de referentie, waarbij een verschuiving plaatsvindt van heel goed recyclebaar naar heel goed herbruikbaar en hernieuwbaar.

5.2.1.2 Green silence wall

De Green silence wall is een geluidsscherm dat bestaat uit een constructieve betonplaat (waar wapening in verwerkt zit) van 80 mm. Aan beide zijden van het beton is een Miscanthus geluidsabsorberende laag aangebracht. Miscanthus is een snelgroeiend gewas dat in Hoofddorp (schiphol) is geplant om ganzen te weren. De CO₂ opname van het gewas is 6x hoger dan dat van hout. Daarnaast vervangt het gedeelte miscanthus een deel cement, dit zorgt voor een mindere milieubelasting. De Green silence wall wordt toegepast als geluidsscherm langs rijkswegen, het spoor, in de openbare ruimte en langs gemeentelijke en provinciale wegen. Van het product is een LCA uitgevoerd en deze is opgenomen in de Nationale Milieu Database.

Dashboard



Figuur 12: Dashboard innovatie Green silence wall.

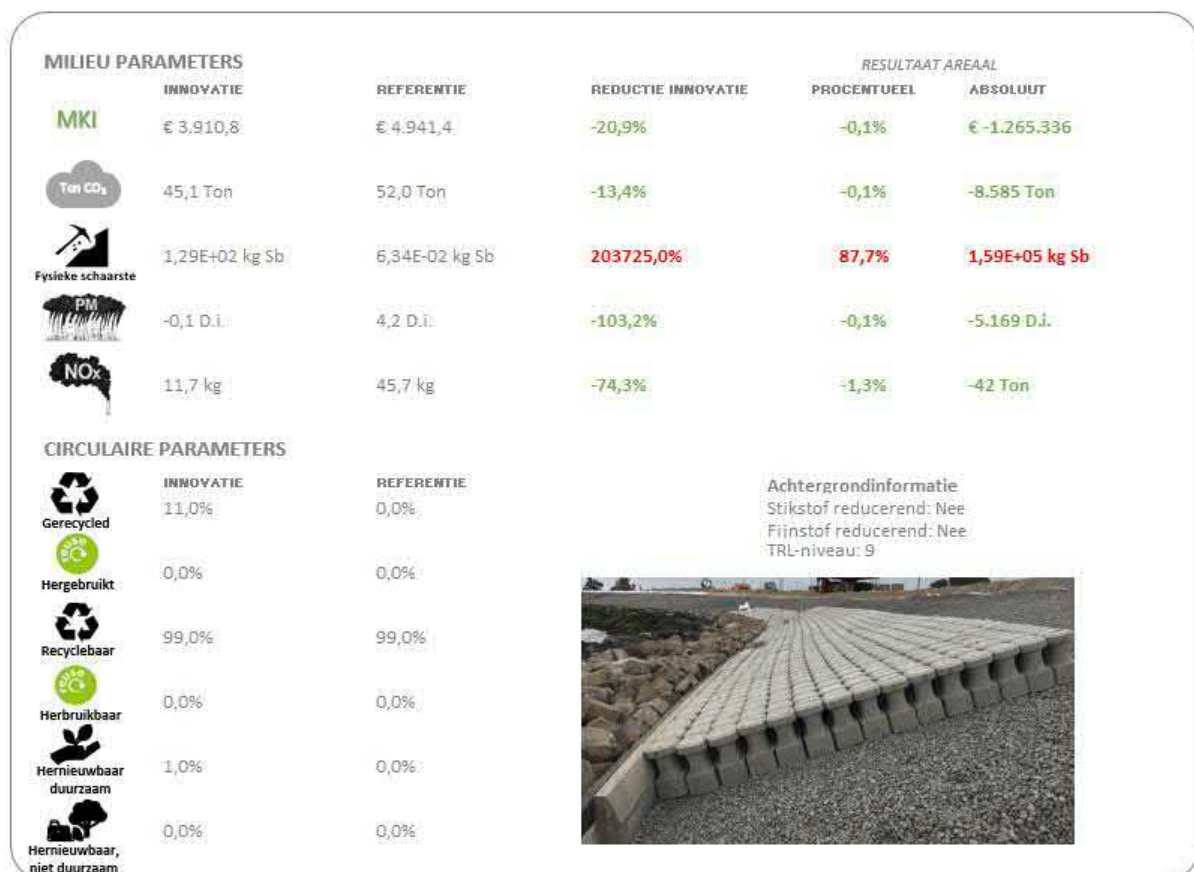
De Green silence wall bestaat uit zowel biobased als steenachtige materialen. Hierdoor behaalt het een reductie op MKI waarde van 83,4% en op CO₂ waarde bijna 71%. Op areaal niveau zien we dat de innovatie niet een hele grote reductie behaalt, namelijk 2,4% op MKI en bijna 2% op CO₂. De geluidschermen hebben dus niet zo'n grote impact op het totale areaal van RWS.

Op circulair gebied presteert de Green silence wall redelijk verschillend met de referentie. Er wordt iets meer gerecycled content toegepast (30%) en een redelijk aandeel hernieuwbare grondstoffen wordt toegepast, namelijk 40%. Daarnaast is de innovatie iets minder goed recyclebaar maar juist wel meer herbruikbaar namelijk bijna 28%.³

5.2.1.3 Hillblock

Hillblock is een innovatie voor een betonzuil waarbij 30-40% minder materiaal wordt toegepast dan normaal. Daarnaast zorgt de vermindering in het materiaal ervoor dat de betonzuilen minder zwaar zijn. Hierdoor kunnen meer betonzuilen per vrachtwagen of boot vervoerd worden waardoor de transportbewegingen gereduceerd worden, dit zorgt voor een vermindering van CO₂-uitstoot. De betonzuilen kunnen los tegen elkaar in een systeem gezet worden tot een volledige dijkbekleding. Daarnaast is de innovatie te vergelijken met een traditionele betonzuil, maar heeft het een hogere weerstand tegen de golfimpact door een speciale vormgeving (taillering). De verhoogde stabiliteit is aangetoond middels diverse testen in de Deltagoot.

Dashboard



Figuur 13: Dashboard innovatie Hillblock.

³ Veel innovaties hebben nog nooit hun einde levensduurfase bereikt. Daardoor is er vaak beperkte informatie beschikbaar over hoe de innovatie aan het einde van de cyclus verwerkt gaat worden. Om deze reden dient er methodisch gezien een forfaitair afvalscenario gehanteerd te worden. In deze studie is er alleen verder geen onderscheid gemaakt of dit forfaitaire scenario voor technische problemen kan zorgen.

De innovatie Hillblock bevat bijna de helft minder materiaal dan de referentie, dit uit zich in een behoorlijke reductie op de MKI score van 20% en bijna 14% op de CO₂-uitstoot. Op areaal niveau zien we dat de innovatie bijna geen reductie behaalt, namelijk 0,1% op MKI en op CO₂ score. Betonzoulen maken dus maar een klein deel uit van het totale areaal van RWS. Toch behaalt Hillblock nog een reductie van 74% op de uitstoot van stikstofoxiden. Op areaal niveau behaalt dit een redelijke reductie van 1,3%.

Op circulair gebied presteert Hillblock bijna gelijk met de referentie. Er wordt iets meer gerecycled content toegepast (11%) en er wordt 1% aan hernieuwbare grondstoffen toegepast. Het afvalscenario is voor beide gevallen het beton scenario waarin 99% wordt gerecycled bij einde levensduur.

5.2.1.4 Natureline

Natureline is een product dat toegepast kan worden voor constructies in de stedenbouw als o.a. lichtmasten, damwanden, muurbekleding, etc.. Het product is opgebouwd uit een mix van secundair plastic, voornamelijk gemeentelijk afval. Natureline kan ingezet worden ter vervanging van stalen of betonnen producten. Het productieproces bestaat vooral uit het 'schoonmaken' van het plastic afval dat als grondstof voor dit product wordt gebruikt. Voor deze studie is een getoetste LCA aangeleverd.

Dashboard



Figuur 14: Dashboard innovatie Natureline.

Natureline behaalt een reductie van 56,3% op de MKI score en 30,1% op de CO₂ score. Echter is te zien dat dit op areaal niveau een minimale reductie oplevert. Dit komt omdat de lichtmasten maar een beperkt aandeel hebben op het totale areaal van RWS.

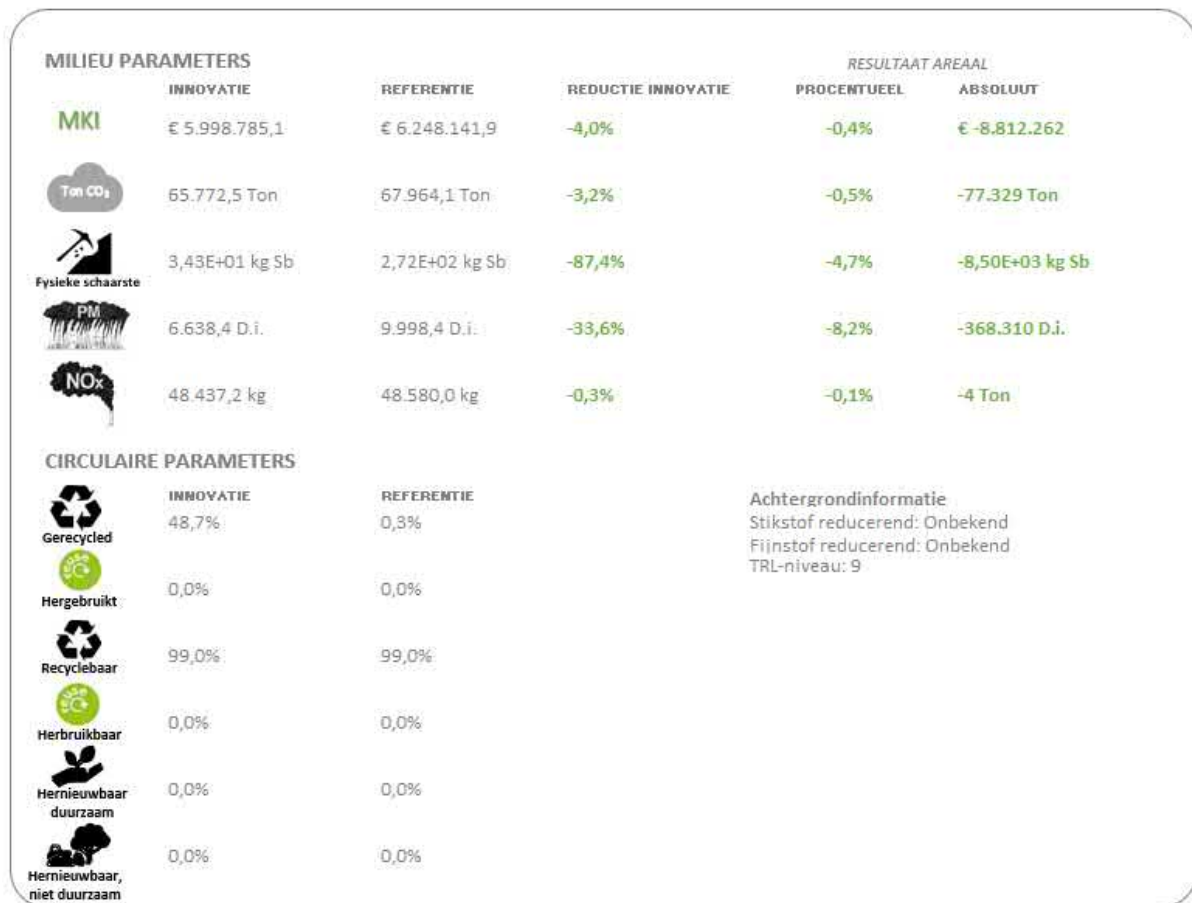
Natureline is gemaakt van secundair plastic. Op circulair gebied presteert deze innovatie daarom qua gerecyclede content redelijk gelijk aan de referentie. Dit komt omdat de referentie opgebouwd is uit zwaar staal, dat forfaitair bestaat uit 95% gerecyclede content. Echter verschilt de innovatie wel met het afvalscenario van de referentie. Daar waar bij de referentie 51% gerecycled kan worden, kan bij de innovaties maar 10% gerecycled worden. Dit komt door het verschil in het afvalscenario van plastic en staal. De innovatie bevat daarnaast nog 5% hernieuwbaar materiaal.

5.2.1.5 Grind-alternatief in beton⁴

“GRIND-ALTERNATIEF IN BETON” is een doorontwikkeling van het KOMO-gecertificeerde bouwstof AEC-bodemas. AEC-bodemas bestaat uit niet brandbare materialen en is een restproduct van de Afval Energie Centrale. Het afval kan verdeeld worden in onder andere ferro- en non-ferro metalen, gecertificeerd IBC-bodemas en het alternatief. Het alternatief bestaat uit 100% secundair materiaal en kan ingezet worden als zand- en grindvervanger bij het maken van betonproducten en asfalt. Een getoetste LCA rapportage van het product is beschikbaar voor deze studie. Voor deze vergelijking hebben we ervoor gekozen betonmortel als referentie aan te houden en voor de innovatie een deel van de betonmortel (het grind) te vervangen door het alternatief.

⁴ De producent van deze innovatie heeft aangegeven dat de naam van de innovatie en van de producent niet benoemd mag worden in de rapportage. Om deze reden is de naam generiek gemaakt.

Dashboard



Figuur 15: Dashboard innovatie "GRIND-ALTERNATIEF IN BETON".

De betonmortel met het grind-alternatief bestaat uit bijna 50% gerecyclede content maar veroorzaakt opvallend genoeg een reductie van maar 4% op de MKI score en 3,2% op de CO₂ score. Dit alternatief wordt toegepast als grindvervanger voor betonmortels en aangezien grind maar een klein aandeel van de milieulast van beton veroorzaakt is de totale invloed dus beperkt. Op het areaal van RWS worden voor verschillende toepassingen betonmortels gebruikt. Omdat het grind-alternatief maar een deel van het betonmortel betreft heeft de innovatie niet echt een grote impact op het areaal. Zo veroorzaakt het alternatief voor grind een reductie van 0,5% op de MKI score en van 0.4% op de kg CO₂-eq. Daarnaast is een iets grotere toename van 13% op de fijnstof uitstoot te zien.

Op circulair gebied presteert deze innovatie bijna gelijk aan de referentie. Het grootste verschil is de hoeveelheid gerecyclede content, voor de innovatie is dit 48%. Zowel de referentie als de innovatie kunnen voor 99% gerecycled worden.⁵ Een kanttekening bij deze toepassing is dat mogelijk een

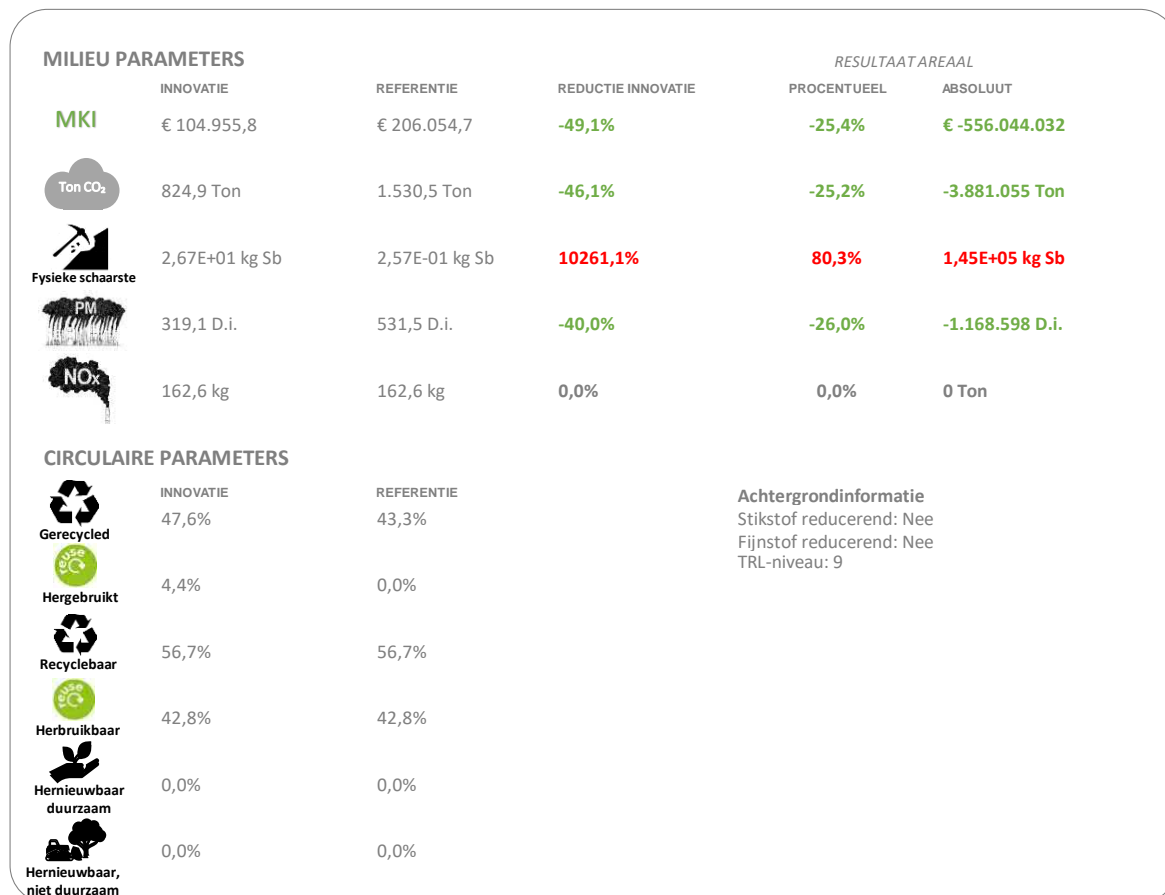
⁵ Veel innovaties hebben nog nooit hun einde levensduurfase bereikt. Daardoor is er vaak beperkte informatie beschikbaar over hoe de innovatie aan het einde van de cyclus verwerkt gaat worden. Om deze reden dient er methodisch gezien een forfaitair afvalscenario gehanteerd te worden. In deze studie is er alleen verder geen onderscheid gemaakt of dit forfaitaire scenario voor technisch problemen kan zorgen.

'circulair risico' kan optreden voor toepassing in een volgende levenscyclus. En doordat huidige recycling technieken hiervoor nog niet geschikt zijn.

5.2.1.6 COIt Light Asfalt

Deze steenmastiekasfalt (SMA) is een ontwikkeling bestaande uit een bitumenmodificatie in combinatie met temperatuurverlaging tijdens de asfaltproductie. Dit levert asfaltmengsels met verbeterde functionele eigenschappen t.o.v. reguliere asfaltmengsels. Het asfalt wordt geproduceerd door middel van een mineraal aggregaat in combinatie met gedroogd zand- en steenslag. Daarnaast worden nog bitumen, additieven en vulstoffen toegevoegd. De productietemperatuur van het SMA asfaltmengsel ligt ca. 30°C lager dan reguliere asfaltmengsels. Voor deze studie is een ongetoetste LCA aangeleverd.

Dashboard



Figuur 16: Dashboard innovatie COIt Light asfalt.

Het SMA asfalt kan geproduceerd worden met een productietemperatuur die ca. 30°C lager ligt dan bij reguliere asfaltmengsels, mede hierdoor ontstaan de reducties van 49,1% op de MKI en 46,1% op CO₂ uitstoot t.o.v. de referentie. Daarnaast zien we ook een flinke reductie van 40% op fijnstof.

Op het RWS areaal ligt naar schatting 5500 kilometer A- en/of N-wegen. Doordat de wegverhardingen van deze wegen een grote impact hebben op de totale milieulast van het areaal van RWS, is de invloed van de toepassing van SMA asfalt groot. Het behaalt een reductie van bijna

25,5% op MKI en 24,8% op CO₂-uitstoot. Op de grondstofuitputting is een kleine uitsparing zichtbaar van 0,5%, een reductie op de uitstoot stikstofoxiden is niet van toepassing voor deze innovatie. Voor de uitstoot van fijnstof zie je wel een grote verandering ontstaan. De reductie van de innovatie voor fijnstof is 26% op areaal niveau.

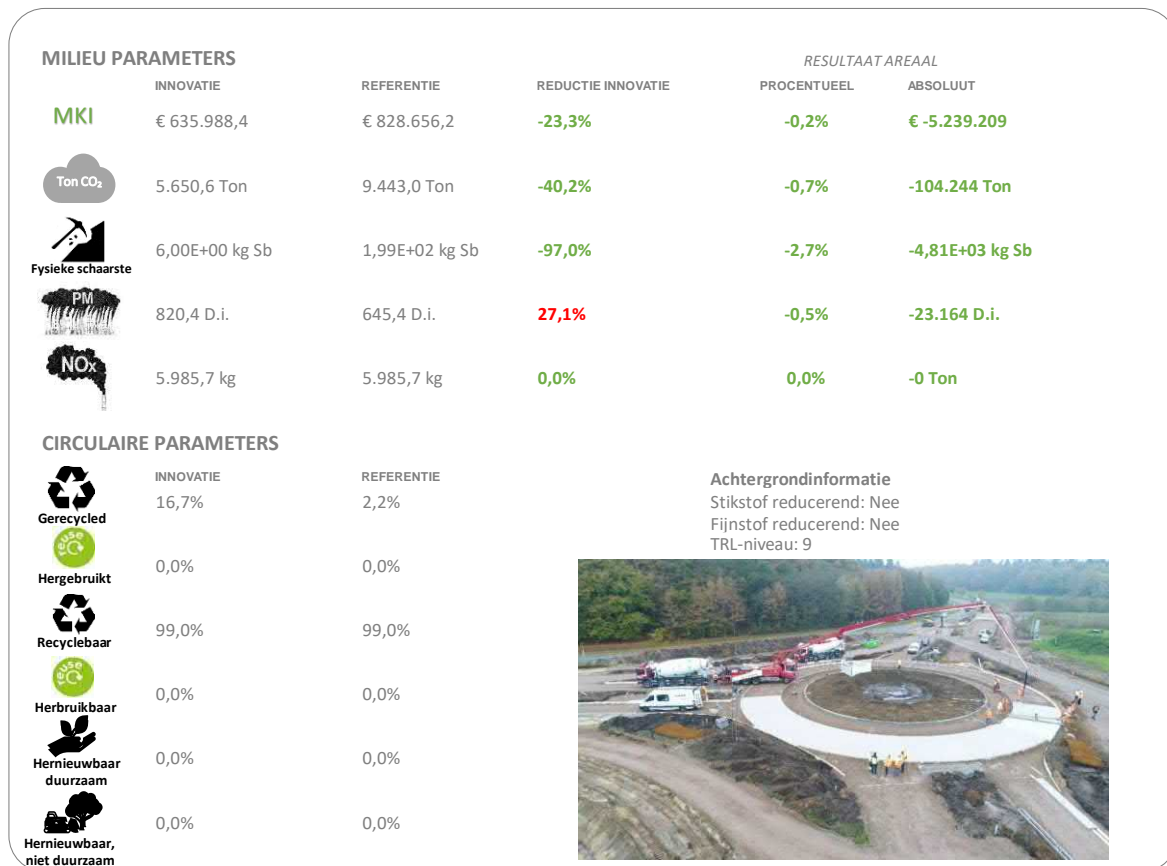
Op circulair gebied presteert het SMA asfalt bijna gelijk aan de referentie. Er wordt iets meer gerecycled content toegepast bij de innovatie, dit geeft een verschil van 4%. Daarnaast wordt hetzelfde afvalscenario aangehouden en zie je dus dezelfde percentages voor recyclebaar en herbruikbaar staan.

Een kanttekening voor deze toepassing is dat dit type mengsel nauwelijks in bovenlagen wordt toegepast, omdat een SMA als deklaag de afwatering via dezelfde deklaag belemmerd. Terwijl juist van deze deklaag de omloopsnelheid relatief het hoogst is en het daardoor significant bijdraagt aan de milieulast. Deze studie laat dan ook het theoretisch potentieel van deze innovatie zien. Echter zou een vervolgstudie specifiek gericht op diverse asfaltmengsels en haar innovaties gedetailleerder inzicht geven in het potentieel ervan.

5.2.1.7 RAMAC

RAMAC, van SQAPE, is een technologische mengselsamenstelling die bestaat uit een bindmiddel (GPM), alkali en een gepatenteerd additief. Het RAMAC mengsel is een geopolymeersysteem. RAMAC is toepasbaar in niet constructief beton. Het bindmiddel vervangt het deel cement geheel uit de productie van beton waardoor minder milieulast ontstaat. In deze studie is een getoetste LCA gebruikt. Daarom zijn geen extra stappen nodig geweest om de circulaire indicatoren te bepalen. Op dit moment schat SQAPE in dat ongeveer 30% van het gehele areaal van RWS uitgevoerd kunnen worden met deze innovatie.

Dashboard



Figuur 17: Dashboard innovatie RAMAC.

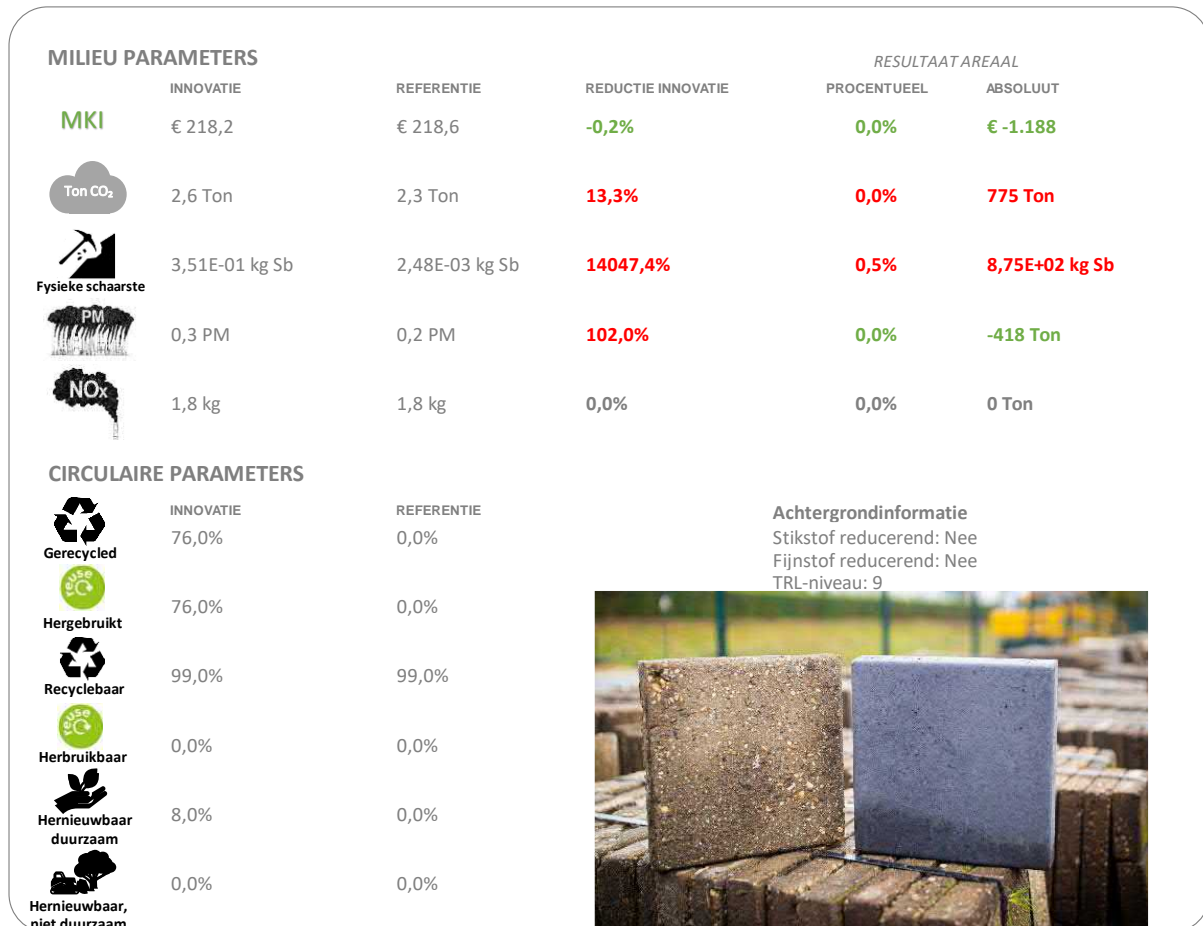
Het SQAPE mengsel is een bindmiddel dat toegepast kan worden in betonmortel. Ondanks dat de innovatie niet een geheel materiaal vervangt behaalt het een grote reductie op alle indicatoren. Vooral op de indicator fysieke schaarste behaalt de innovatie een reductie van 97%. Ook op de CO₂ score zorgt de innovatie voor een reductie van 40,2%. Daarnaast behaalt de innovatie een reductie van 23,3% op de MKI score. Dit komt omdat het Portland cement, dat bij de referentie is toegepast, weggelaten kan worden wanneer deze innovatie wordt toegepast. Portland cement heeft als materiaal een hogere milieulast.

Op circulair gebied presteert SQAPE bijna gelijk aan de referentie, waarbij een klein verschil te zien is bij het percentage toegepaste gerecyclede content. Omdat de innovatie altijd gecombineerd wordt met een betonmortel, wordt het afvalscenario voor beton toegepast voor zowel de referentie als de innovatie. Dit afvalscenario heeft een recycling percentage aan het einde van de levensduur van 99%.

5.2.1.8 The right WAE beton

The right WAE wordt toegepast als een betonmortel t.b.v. beton tegels van Studio WAE en heeft een dichtheid van 2200 kg/m³. De betonmortel wordt vervaardigd door o.a. secundair zand en grind toe te voegen aan het mengsel. Door deze circulaire toepassing scoort te innovatie ook beter op de milieuparameters. Het secundaire zand en grind komt voort uit de verwerking van oude bestrating, hierdoor ontstaat een gesloten (circulaire) keten.

Dashboard



Figuur 18: Dashboard innovatie The right WAE beton.

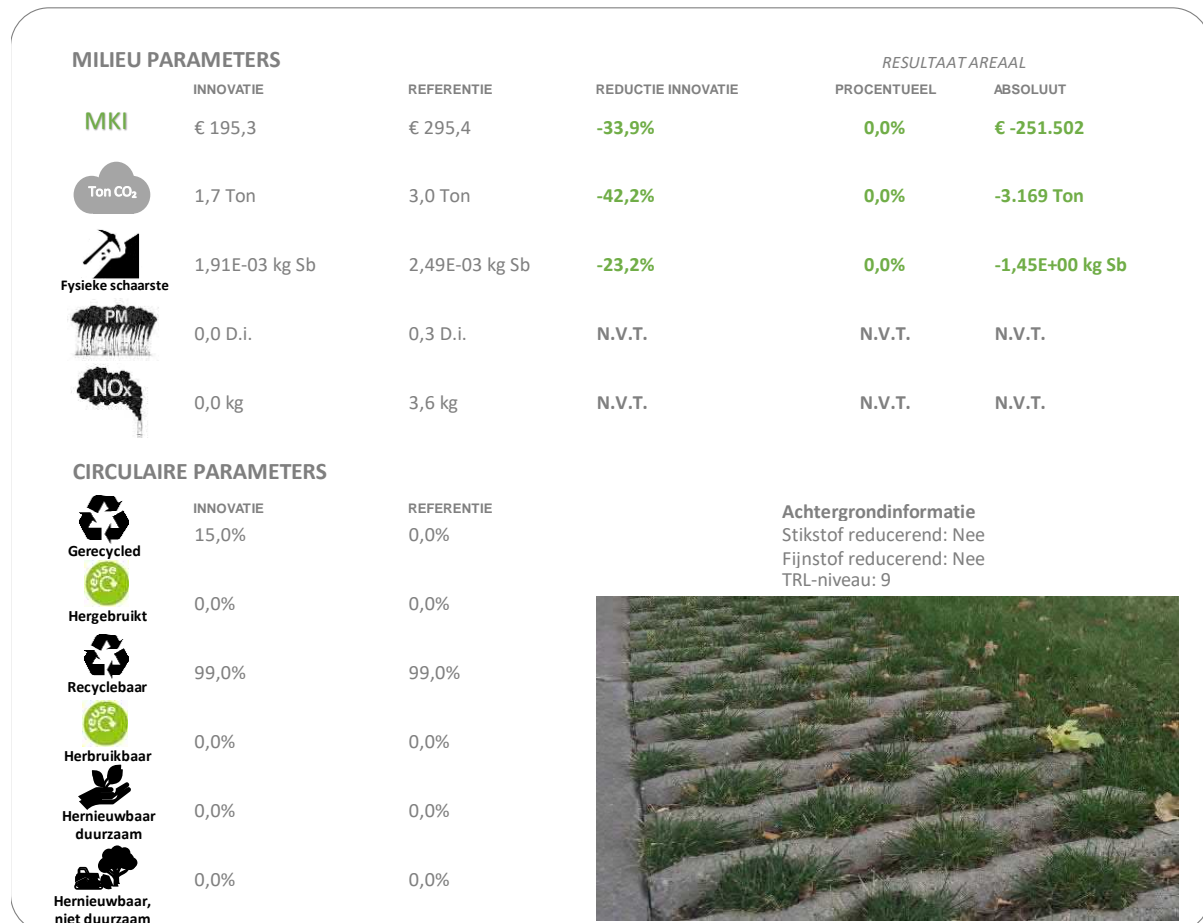
Deze innovatie zorgt op bijna alle circulaire indicatoren voor een stijging van de scores. Alleen op de MKI score behaalt de innovatie een reductie van 0,2%. De toename in CO₂-uitstoot wordt verklaard doordat er in dit product een hoog percentage portlandcement wordt toegepast, terwijl de referentie uitgaat van een hoger percentage hoogovenslakken. Uiteindelijk heeft de stijging op areaal niveau nauwelijks tot geen impact. Hieruit is te concluderen dat het aandeel van de straatstenen te klein is om met deze innovatie een grote impact op het areaal te maken. Op circulair gebied presteert de innovatie behoorlijk anders t.o.v. de referentie. Zo wordt een groot aandeel gerecyclede grondstoffen toegepast bij de innovatie, namelijk 76%, dit betreft betongranulaat en zand. Het afvalscenario is gelijk voor de referentie en de innovatie. Hierbij kan 99% gerecycled worden.

5.2.1.9 Graselement Reduton

Reduton bestaat uit volledig cementloos beton m.b.v. een geopolymeer mengsel. De innovatie Reduton is in deze specifieke LCA toegepast als grastegel, deze tegels worden in de berm gelegd in het gras. Er bevinden zich gaten in de tegels voor een optimale waterdoorlatendheid, hierdoor ontstaat een verhouding van 75% gras en 25% beton. De productie van de tegel vindt plaats middels een geautomatiseerd productieproces. Doordat Reduton een standaard bindmiddel (cement)

volledig in een product kan vervangen ontstaat een grote reductie op de CO₂-uitstoot. Bij de productie van standaard cement is de uitstoot van CO₂ behoorlijk hoog.

Dashboard



Figuur 19: Dashboard innovatie Reduton.

Deze innovatie zorgt bij alle circulaire indicatoren voor een reductie van de scores. Op de MKI score behaalt de innovatie een reductie van 33,9% en op de CO₂ score een reductie van 42,2%. Daarnaast behaalt de innovatie een reductie van 23,2% op fysieke schaarste. Deze reductie wordt veroorzaakt door het gebruik van gerecyclede betongranulaat bij de innovatie. Uiteindelijk heeft de innovatie op areaal niveau geen impact. Hieruit is te concluderen dat het aandeel van de straatstenen te klein is om met deze innovatie een grote impact op het areaal te maken.⁶

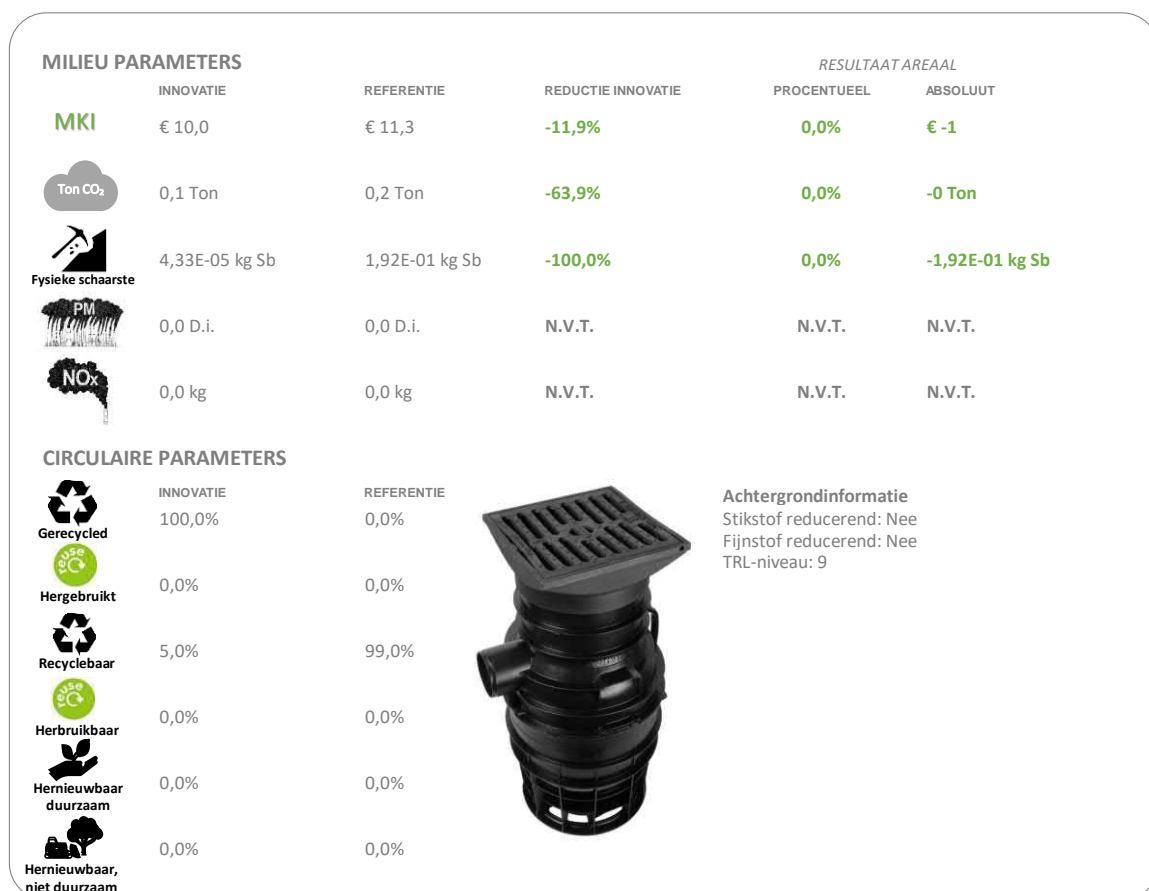
⁶ Veel innovaties hebben nog nooit hun einde levensduurfase bereikt. Daardoor is er vaak beperkte informatie beschikbaar over hoe de innovatie aan het einde van de cyclus verwerkt gaat worden. Om deze reden dient er methodisch gezien een forfaitair afvalscenario gehanteerd te worden. In deze studie is er alleen verder geen onderscheid gemaakt of dit forfaitaire scenario voor technische problemen kan zorgen.

Op circulair gebied presteert de innovatie redelijk gelijk aan de referentie. Een verschil is het aandeel gerecyclede content dat toegepast is bij de innovatie, namelijk 15%. Het afvalscenario is gelijk voor de referentie en de innovatie. Hierbij kan 99% gerecycled worden.

5.2.1.10 Tegra Kolk

De Tegra Kolk is een licht gewicht goot dat gemaakt is van 100% gerecycled Polypropyleen. De productie van de kolk bestaat uit een tweestapsproces: ten eerste worden alle componenten geproduceerd door middel van een spuitgietproces, hierdoor ontstaan halffabricaten. Vervolgens worden de componenten geassembleerd tot eindproduct, dit hangt per product af van de configuratie.

Dashboard



Figuur 20. Dashboard innovatie Tegra Kolk.

Deze innovatie zorgt voor verschillende reducties bij de circulaire indicatoren. Zo behaalt de innovatie op de MKI score een reductie van 11,9% maar op de CO₂-uitstoot een reductie van 63,9%. Daarnaast zorgt de innovatie voor een reductie van 100% op de fijnstof uitstoot. Dit is te verklaren door een verschil in de methode waarmee de LCA's zijn uitgevoerd. Volgens het dashboard heeft de innovatie geen impact op het areaal. Dit wordt verklaard omdat het aantal kolken in de referenties nu nog op 1 staat, aangezien deze data op het moment van schrijven onbekend is. Dit zal dus in de werkelijkheid hoger uitpakken, al is de verwachting dat het procentueel beperkt zal zijn.

Op circulair gebied presteert de innovatie behoorlijk anders t.o.v. de referentie. Zo wordt een groot aandeel gerecyclede content toegepast bij de innovatie namelijk 100%. De referentie is voor 99% recyclebaar, omdat het een beton-product is, waar de innovatie voor 5% recyclebaar is.

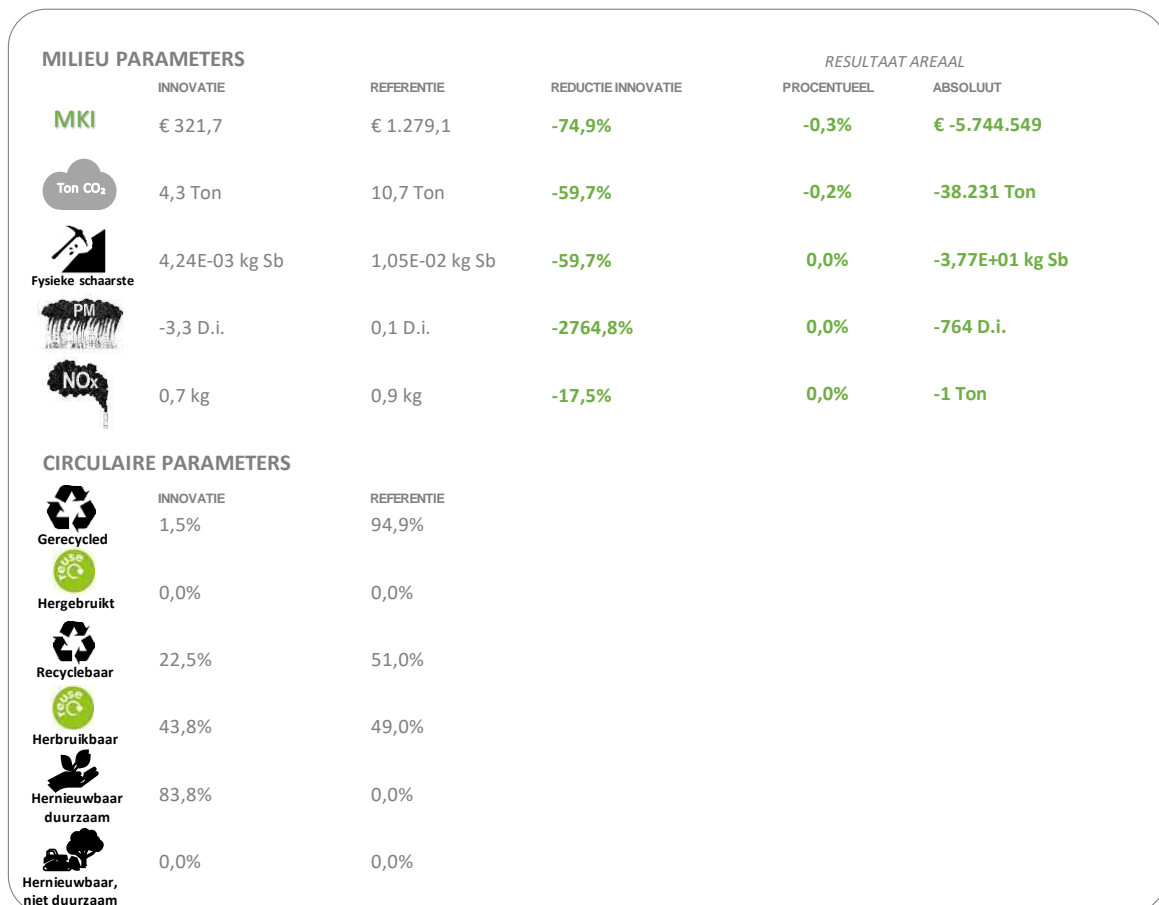
5.2.2 Generieke innovaties

In dit hoofdstuk worden de generieke innovaties weergegeven, deze zijn niet opgesteld met informatie uit de enquête. Deze innovaties zijn onderdeel van deze studie om een zo compleet mogelijk overzicht van beschikbare innovaties te krijgen en bovendien om hier nu de nieuwe rekenmethode op toe te passen.

5.2.2.1 Houten portaal

In Nederland staan diverse houten wegportalen (bijvoorbeeld bij knooppunt Zonzeel en bij Alkmaar). De eerste portalen bij knooppunt Zonzeel zijn in 1999 geplaatst. Ze staan nu circa 21 jaar en hebben in die tijd geen onderhoud gehad en functioneren nog volledig. De houten portalen zijn door SHR (Stichting Hout Research) tot 2008 continu gemonitord en jaarlijks geïnspecteerd. De conclusie hiervan is dat de wegportalen zonder enig onderhoud, stabiel blijven en goed blijven functioneren. Rijkswaterstaat heeft bevestigd dat het houten portaal een RSL heeft van 20 jaar, mits er onderhoud wordt uitgevoerd t.b.v. de instandhouding. Voor deze producten heeft Centrum Hout in 2018 een dossier aangeleverd en op basis daarvan is een berekening uitgevoerd. In deze studie is de materialisatie niet aangepast, wel zijn de milieuprofielen aangepast naar de momenteel vigerende database.

Dashboard



Figuur 21: Dashboard houten Portaal.

De houten portalen, gemaakt van Lariks en staal, behalen door het toepassen van duurzame en na-groeibare grondstoffen, waar weinig primaire energie voor nodig is, grote reducties van 74,9% op de MKI en 59,7% op CO₂-uitstoot. Op productniveau is dit de innovatie waarmee de hoogste reducties behaald worden.

Op het RWS areaal staan naar schatting 6000 portalen. De invloed van de toepassing van houten portalen is daarom minder groot dan bijvoorbeeld geleiderails, die een groter aandeel in het areaal hebben. Op het RWS areaal is de invloed van houten portalen daarom bescheiden met een reductie van 0,3% op MKI en 0,2% op CO₂-uitstoot. Ook op de grondstofuitputting en stikstofoxiden is een significante uitsparing zichtbaar. Voor de uitstoot van fijnstof wordt zelfs een negatieve bijdrage (dus een positief effect op het klimaat) gerealiseerd, al is dit wel een parameter welke op het moment van opstellen nog niet verplicht was, dus is het onzeker of deze data accuraat is.

Op circulair gebied presteren de houten portalen totaal anders dan de referentie. Dit wordt verklaard doordat de referentie uit staal bestaat. Staal voor deze toepassing wordt voor een groot deel uit gerecyclede materialen geproduceerd en is ook goed herbruikbaar en recyclebaar aan het einde van de cyclus. Tegelijkertijd bestaat het houten portaal voor 83,8% uit biobased materialen. Hout in de GWW kan volgens het forfaitaire afvalscenario van Stichting NMD voor 50% hergebruikt worden, daarnaast wordt ook nog 30% gerecycled.

5.2.2.2 Accoya damwand

De Accoya damwand is een houten damwand gemaakt van geacetyleerd naaldhout. Gedurende het acetylerproces worden hydroxylgroepen in het hout vervangen door acetylgroepen. Door deze bewerking is het hout significant minder gevoelig voor aantasting door water, waardoor het een langere levensduur heeft. Rotting van houten damwanden vindt met name plaats op de waterlijn. De damwand kan gecombineerd worden door dit bovenste deel uit te voeren met Accoya-hout, maar het deel onder water uit te voeren met naaldhout. In deze studie is uitgegaan van een damwand die voor 100% bestaat uit Accoya.

Houten damwanden kunnen referentie-damwanden vervangen die een lengte hebben tot 6 meter. Aangezien het merendeel van de damwanden toegepast op het areaal van RWS langer is dan 6 meter, zullen niet alle damwanden vervangen kunnen worden door deze innovatie. Op basis van grove inschattingen is de aanname gedaan dat 50% van de damwanden vervangen worden door houten varianten.

Dashboard



Figuur 22. Dashboard Accoya Damwand.

De Accoya damwanden behalen op productniveau ten opzichte van stalen damwanden een grote reductie van bijna 70% op de MKI en 69,3% op de CO₂-uitstoot. Daarnaast is een stijging op het klimaat effect Fysieke schaarste, dit is te verklaren omdat de referentie voor 94,9% uit secundaire grondstoffen bestaat en de innovatie 0%. De indicator fysieke schaarste stijgt met 38,6%. Het effect hiervan op het areaal is zeer beperkt, 0,1%.

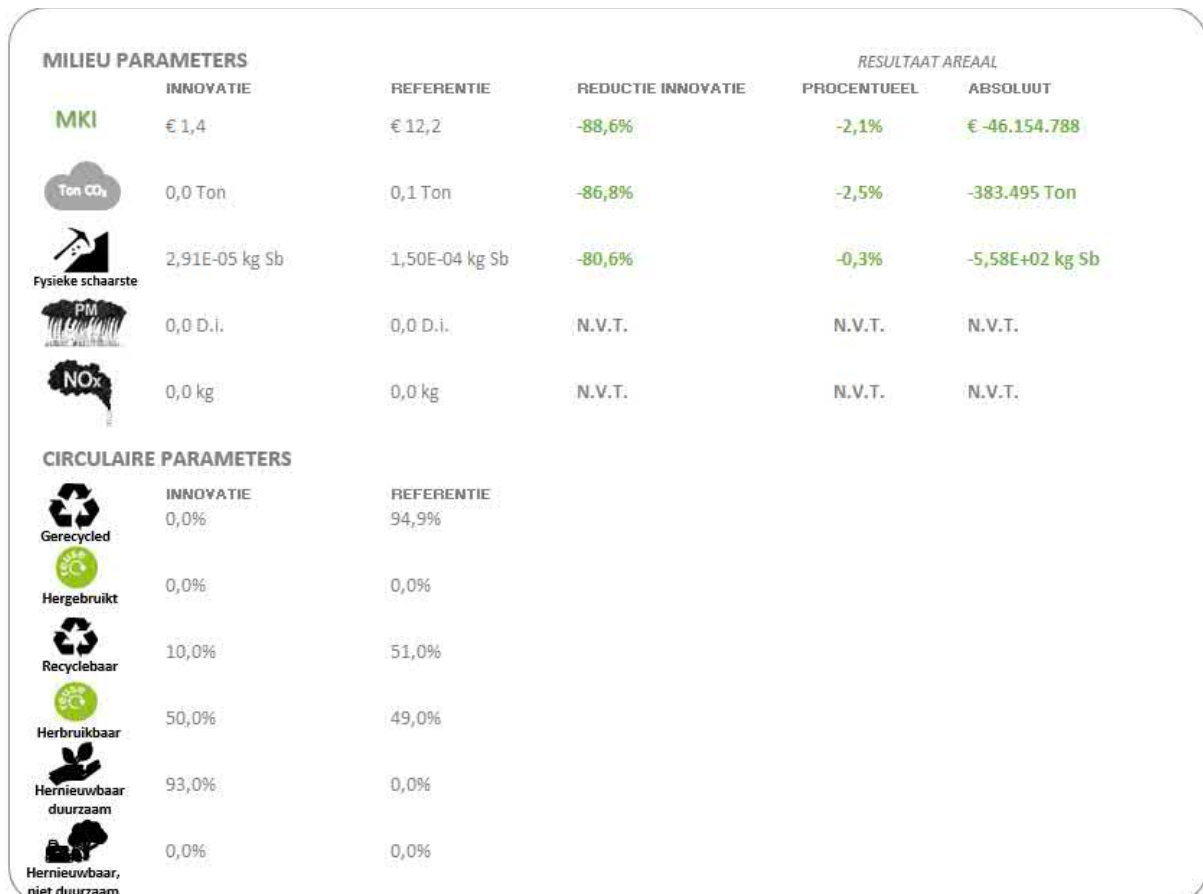
Op circulair gebied presteren de Accoya damwanden totaal anders dan de referentie. Dit wordt verklaard doordat de referentie uit staal bestaat. Staal voor deze toepassing wordt voor een groot deel uit gerecyclede materialen geproduceerd en is ook goed herbruikbaar en recyclebaar aan het einde van de cyclus. Tegelijkertijd bestaat de Accoya damwand voor 93,5% uit biobased materialen. Hout in de GWW kan volgens het forfaitaire afvalscenario van Stichting NMD voor 50% hergebruikt worden, daarnaast wordt ook nog 10% gerecycled. Bij staal is dat 49% hergebruik en 51% is recyclebaar.

5.2.2.3 Samengestelde houten damwandplank

De samengestelde houten damwandplank bestaat uit 2 houtsoorten, waarbij de sterke kanten van beide houtsoorten gecombineerd worden. Van de damwand bestaat 80% uit Europees naaldhout en 20% uit Azobé hout. Azobé hout is zeer bestendig tegen rotting en wordt geplaatst boven en op de waterlijn. Het overige deel, dat zich onder de waterlijn bevindt, bestaat uit Europees naaldhout, dat

van dichtbij komt en lichter is. De houtsoorten worden met een vingerlast aan elkaar gemonteerd. Hierdoor ontstaat een damwand die een lage milieupact heeft en een lange levensduur door het Azobé deel. Net als bij de accoya-damwand is hier eveneens de aanneme gedaan dan 50% van de damwanden in beheer van RWS vervangen kan worden door een houten variant.

Dashboard



Figuur 23: Dashboard samengestelde houten damwandplank.

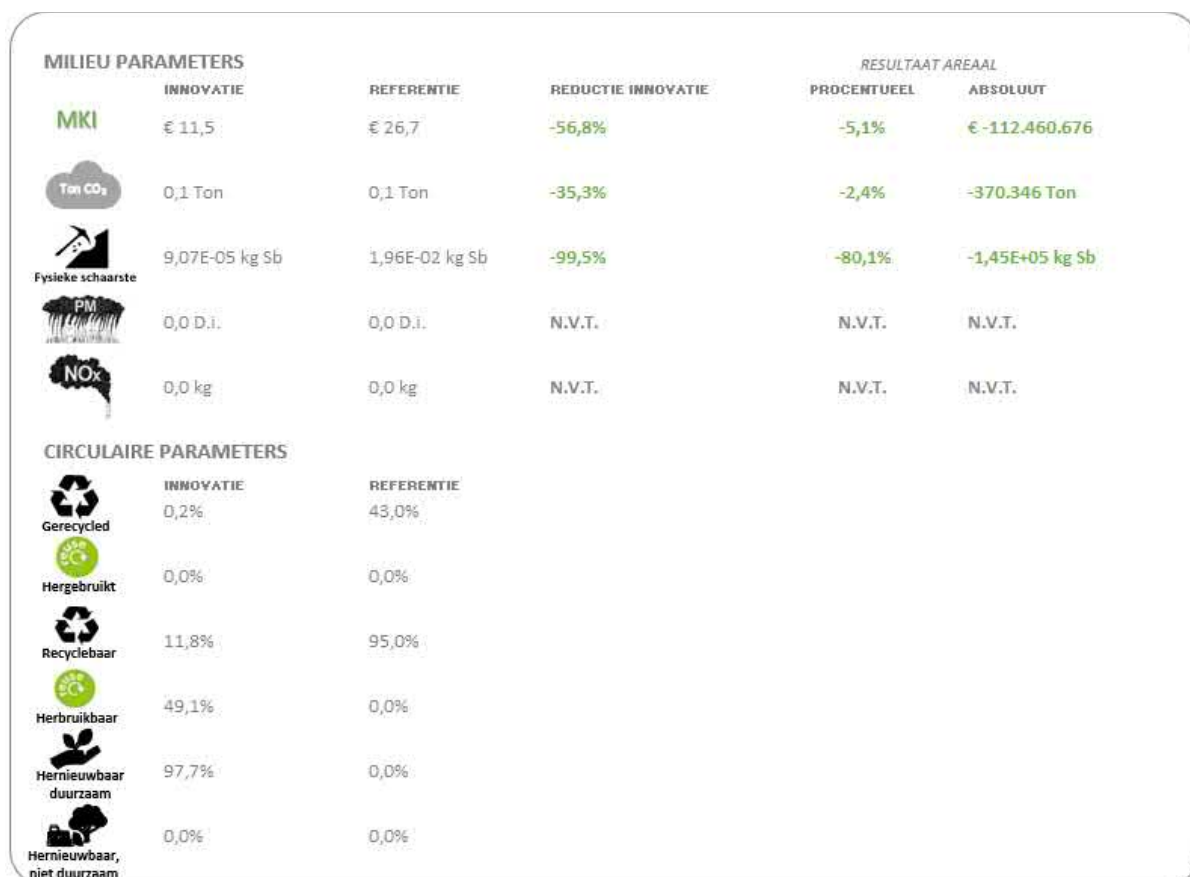
De samengestelde houten damwand behaalt op productniveau ten opzichte van de referentie een nog grotere reductie dan de innovatie Accoya damwand, van 88,6% op de MKI en 86,8% op de CO₂-uitstoot. Daarnaast is een reductie te zien van 80,6% op het gebruik van primaire grondstoffen, dit is te verklaren omdat de referentie voor 94,9% uit secundaire grondstoffen bestaat en de innovatie 0%.

Op circulair gebied presteren de samengestelde houten damwandplanken totaal anders dan de referentie. Dit wordt verklaard doordat de referentie uit staal bestaat. Staal voor deze toepassing wordt voor een groot deel uit gerecyclede materialen geproduceerd en is ook goed herbruikbaar en recyclebaar aan het einde van de cyclus. Tegelijkertijd bestaat de houten damwand voor 93% uit biobased materialen. Hout in de GWW kan volgens het forfaitaire afvalscenario van Stichting NMD voor 50% hergebruikt worden, daarnaast wordt ook nog 10% gerecycled.

5.2.2.4 Houten geleiderail

In een samenwerking tussen TNO, TU Delft, RWS en houtproducent Wijma is een houten geleiderail ontworpen. Deze constructie is goedgekeurd voor toepassing en is enkele malen toegepast langs rijks- en provinciale wegen. Voor dit product is geen LCA beschikbaar, maar op basis van de door de producent aangeleverde basisinformatie m.b.t. materialisatie is een eenvoudige berekening opgesteld. Deze berekening is niet zo nauwkeurig als een volledige LCA, maar geeft wel een eerste indicatie van de mogelijke milieu-impact van dit product. Hiermee is een impactanalyse uitgevoerd voor deze innovatie.

Dashboard



Figuur 24: Dashboard houten geleiderail.

De houten geleiderail, gemaakt van Robinia, Angelim en een kleine hoeveelheid staal, behaalt op productniveau een grote reductie op MKI, CO₂-uitstoot en primair grondstofgebruik. Door het toepassen van duurzame en na-groeibare grondstoffen waar weinig primaire energie voor nodig is, behaalt de houten geleiderail grote reducties van bijna 57% op de MKI en 35% op CO₂-uitstoot. Per kilometer snelweg staat op het areaal van RWS 1,35 km geleiderail met een levensduur van 20 jaar. Hergebruik van de geleiderails gebeurt nog nauwelijks. De invloed van de toepassing van houten geleiderails op het RWS areaal geeft een mooie reductie van 5,1% op MKI en 2,4% op CO₂-uitstoot.

Op circulair gebied presteren de houten geleiderails totaal anders dan de referentie. Dit wordt verklaard doordat de referentie uit staal bestaat. Staal voor deze toepassing wordt voor een groot

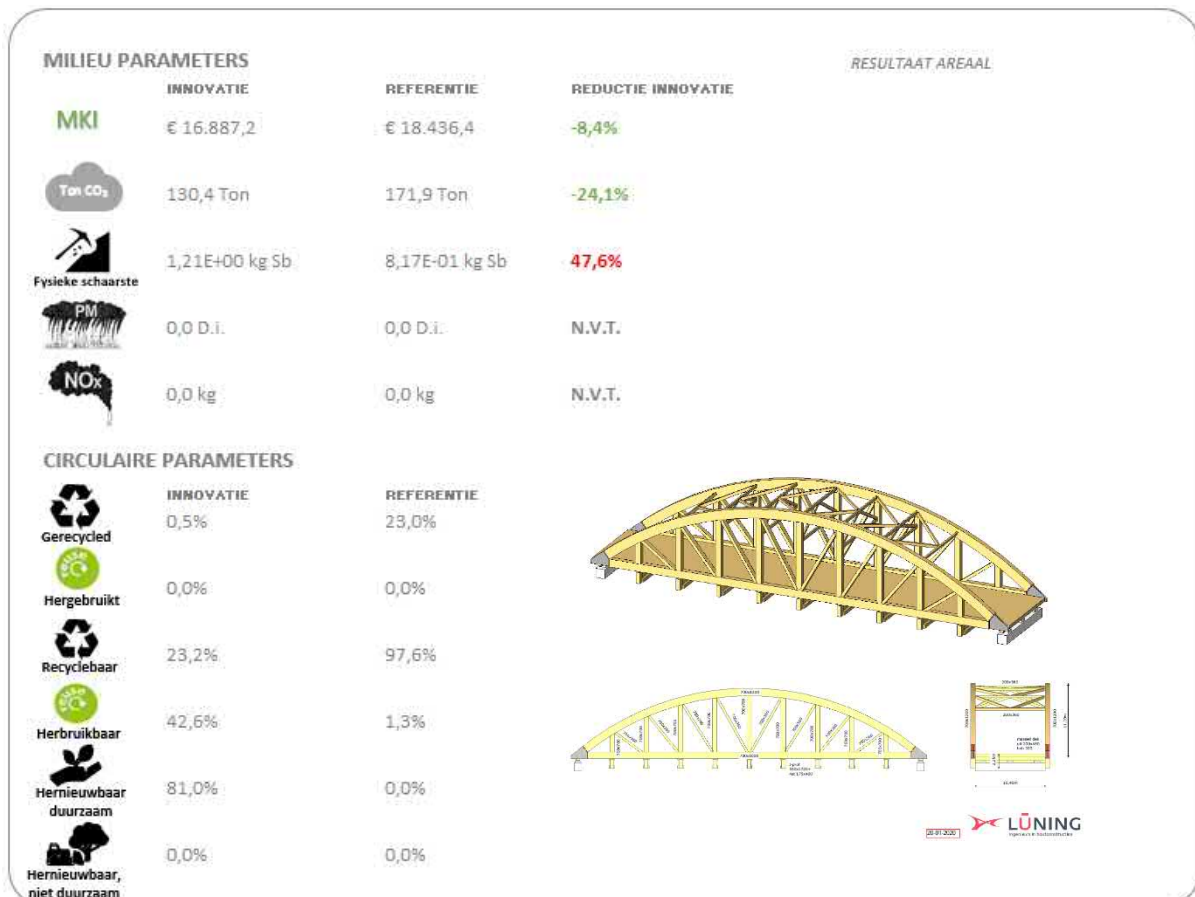
deel uit gerecyclede materialen geproduceerd en is ook goed herbruikbaar en recyclebaar aan het einde van de cyclus. Tegelijkertijd bestaat de houten geleiderail voor 97,7% uit biobased materialen, maar het is niet zo goed recyclebaar aan het einde van de levensduur. Hout in de GWW kan volgens het forfaitaire afvalscenario van Stichting NMD voor 50% hergebruikt worden, daarnaast wordt ook nog 10% gerecycled.

5.2.2.5 Houten brug (Accoya)

In 2018 heeft NIBE in opdracht van RWS een studie gedaan naar de milieulast van verschillende ontwerpvarianten van de Balgzandbrug. Hierbij was het doel om de bepalen welke variant het meeste bijdraagt aan de circulaire doelen van RWS, maar ook werd er gekeken naar de meest duurzame variant. In 2018 is een houten ontwerp van adviesbureau Lünig B.V. hieraan toegevoegd. Dit houten ontwerp is in de studie doorgerekend met zowel Azobé (Afrikaans hardhout) en Accoya (geacetyleerd naaldhout) als houtsoorten. Vervolgens zijn de varianten in 2020 geüpdatet naar de nieuwe SBK Bepalingsmethode, waarbij tegelijkertijd ook gekeken is om het Accoya- of Azobé-hout deels te vervangen door Lariks, indien dit constructief mogelijk is.

De resultaten van de variant met de Accoya-houten brug in combinatie met een brugdek van Lariks is gehanteerd voor deze innovatie.

Dashboard



Figuur 25: Dashboard houten brug (Accoya)

De resultaten tonen dat het Accoya-brug tot een reductie van 8,4% op MKI en 24,1% op CO₂-uitstoot t.o.v. de stalen variant leidt. Wel zorgt de innovatie voor meer fysieke schaarste, met een toename van 47,6%.

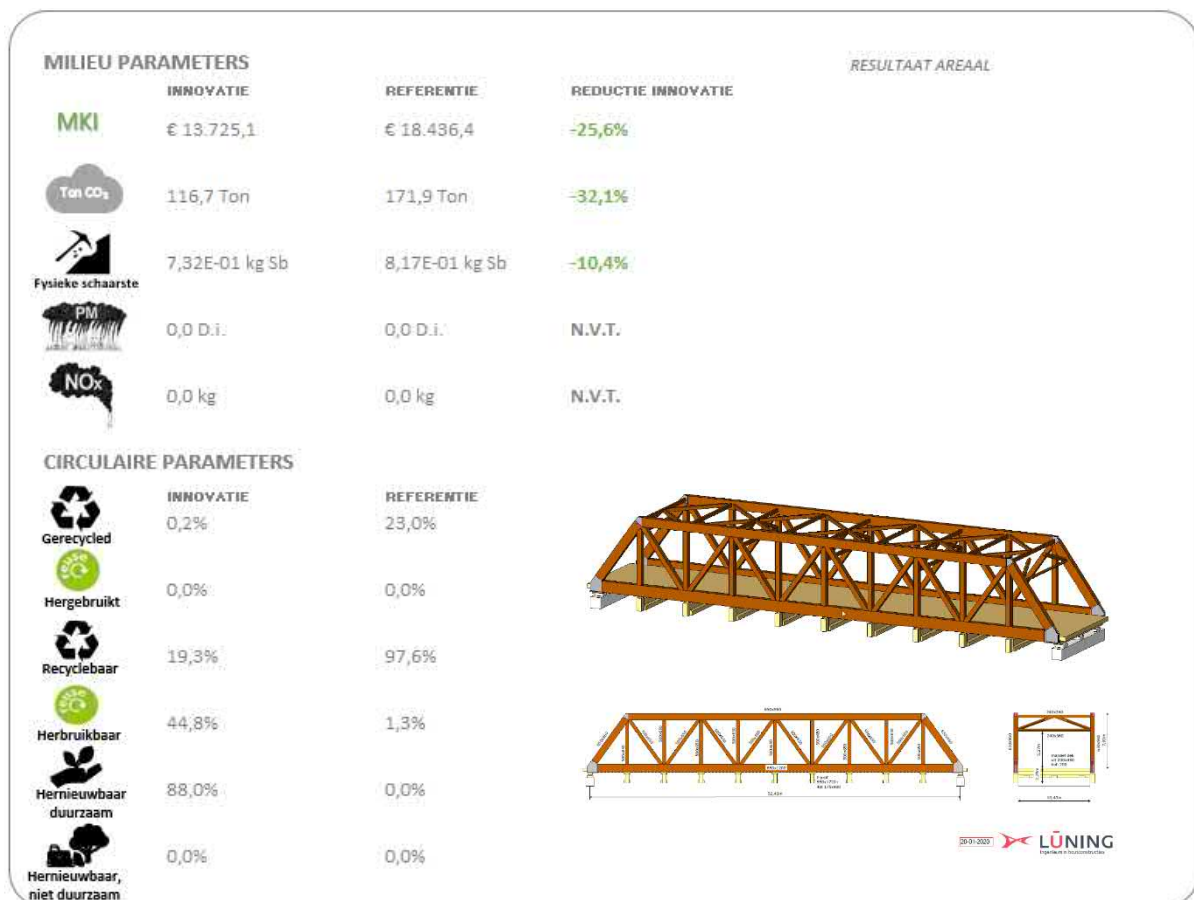
Op de circulaire parameters scoort de innovatie heel anders dan de referentie, dit kan met name verklaard worden door het verschil in aard van de grondstoffen. De houten variant maakt gebruik van een hoog percentage hernieuwbare grondstoffen en is aan het einde van de cyclus voor 42,6% herbruikbaar, terwijl de referentie aan het einde van de cyclus bijna in zijn geheel (97,6%) recyclebaar.

Zoals in paragraaf 4.4.2. omschreven is de representativiteit van de Balgzandbrug voor het gehele areaal van RWS te onzeker en daarom is ervoor gekozen om voor deze innovatie geen potentie op het areaal te berekenen.

5.2.2.6 Houten brug (Azobé)

Zoals in 5.2.2.5 omschreven is er voor een variantenstudie van de balgzandbrug naar verschillende materiaalkeuzes naast de Accoya-houten brug ook gekeken naar een Azobé-houten brug in combinatie met een brugdek van Lariks. De resultaten van die variant is gehanteerd voor deze innovatie.

Dashboard



Figuur 26: Dashboard houten brug (Azobé)

De resultaten tonen dat het Azobé-brug tot een reductie van 25,6% op MKI en 32,1% op CO₂-uitstoot t.o.v. de stalen variant leidt. In tegenstelling tot de Accoya-variant zorgt deze innovatie ook nog voor een reductie op fysieke schaarste, van 10,4%.

Op de circulaire parameters scoort de innovatie heel anders dan de referentie, maar dit kan met name verklaard worden door het verschil in aard van de grondstoffen. De houten variant maakt gebruik van een hoog percentage hernieuwbare grondstoffen en is aan het einde van de cyclus voor 44,8% herbruikbaar, terwijl de referentie aan het einde van de cyclus bijna in zijn geheel (97,6%) recyclebaar.

Zoals in paragraaf 4.4.2. omschreven is de representativiteit van de Balgzandbrug voor het gehele areaal van RWS te onzeker en daarom is ervoor gekozen om voor deze innovatie geen potentie op het areaal te berekenen.

5.23 Samenvattende analyse

De kwantitatieve analyse is samengevat in twee tabellen. In Tabel 4 zijn de milieuparameters samengevat van de berekende innovaties. Samenvattend is te zien dat alle innovaties (producten) een reductie opleveren op MKI. Op CO₂-uitstoot is dit niet het geval, zo stoot de straatstenen innovatie meer CO₂ uit dan de referentie.

Op projectniveau laat de tabel zien dat bijna alle innovaties de belasting op het milieu (enigszins) zullen verlichten en dus een bewuste keus zijn. De grootste winst voor RWS ligt, als er gekeken wordt naar het areaal, bij asfalt, damwanden, geluidschermen en geleiderails. Samen genereren deze innovaties een potentiële reductie van circa 35% op MKI en ruim 32% op CO₂. Het grootste potentieel van deze reductie kan behaald worden door innovatie op het gebied van asfalt te introduceren.

Tabel 4: Overzicht van de prestaties op de belangrijkste milieuparameters, MKI en CO₂-eq, van de berekende innovaties. Alles is weergegeven als percentage verandering t.o.v. de referentie op productniveau en op totaal areaal van RWS berekend.

	Innovatie	Product		Areal	
		MKI	CO ₂	MKI	CO ₂
Bedrijfsspecifieke innovaties					
Asfalt	COLt Light Asfalt	-49,1%	-46,1%	-25,4%	-25,2%
Beton	"Grind-alternatief in beton"	-4,0%	-3,2%	-0,4%	-0,5%
	Ramac	-23,3%	-40,2%	-0,2%	-0,7%
	Reduton	-33,9%	-42,2%	0,0%	0,0%
Betonzuilen	Hillblock	-20,9%	-13,4%	-0,1%	-0,1%
Geluidschermen	Greenwall	-65,9%	-60,3%	-1,9%	-1,6%
	Green silence wall	-83,4%	-71,1%	-2,4%	-1,9%
Straatstenen	The right WAE	-0,2%	13,3%	0,0%	0,0%
Plastics	Natureline	-56,3%	-30,1%	-0,1%	-0,1%

	Innovatie	Product		Areal	
		MKI	CO ₂	MKI	CO ₂
	Tegrakolk	-11,9%	-63,9%	-	-
Generieke Innovaties					
Brug	Accoya brug	-8,4%	-24,1%	-	-
	Azobé brug	-25,6%	-32,1%	-	-
Damwand	Accoya damwand	-69,9%	-69,3%	-1,5%	-1,8%
	Samengestelde h. damwand	-88,6%	-86,8%	-2,1%	-2,5%
Geleiderails	Houten geleiderails	-56,8%	-35,3%	-5,1%	-2,4%
Portaal	Houten portaal	-74,9%	-59,7%	0,3%	0,2%

In Tabel 5 zijn de circulaire parameters voor de innovaties samengevat. Te zien is dat de meeste innovaties of bestaan uit een aandeel "gerecyclede" content, of een groot aandeel "hernieuwbaar, duurzaam", waardoor zij voor een verlaagde milieu-impact zorgen. Het aandeel "hergebruikt" is relatief laag bij de innovaties die aangeven hier gebruik van te maken. Kijkend naar de output-parameters (recyclebaar en herbruikbaar) draagt het aandeel recyclebaar ook hier meer bij aan een verlagend van de ballast op het milieu.

Tabel 5: Overzicht van de prestaties op de circulaire parameters van de berekende innovaties.

Innovaties	Gerecycled	Hergebruikt	Recyclebaar	Herbruikbaar	Hernieuwbaar, duurzaam	Hernieuwbaar, n. duurzaam	
Bedrijfsspecifiek							
Asfalt	COLT Light Asfalt	47,6%	4,4%	56,7%	42,8%	0,0%	0,0%
Beton	"Grind-alternatief in beton"	48,7%	0,0%	99,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Ramac	16,7%	0,0%	99,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Reduton	15,0%	0,0%	99,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Betonzuilen	Hillblock	11,0%	0,0%	99,0%	0,0%	1,0%	0,0%
Geluidschermen	Greenwall	10,0%	2,0%	4,4%	93,1%	99,0%	0,0%
	Green silence wall	30,0%	2,0%	61,9%	27,5%	40,0%	0,0%
Straatstenen	The right WAE	76,0%	76,0%	99,0%	0,0%	8,0%	0,0%
Plastics	Natureline	95,0%	0,0%	10,0%	0,0%	5,0%	0,0%
	Tegrakolk	100%	0,0%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Generiek							

	Innovaties	Gerecycled	Hergebruikt	Recyclebaar	Herbruikbaar	Hernieuwbaar, duurzaam	Hernieuwbaar, n. duurzaam
Brug	Accoya brug	0,5%	0,0%	23,2%	42,6%	81,0%	0,0%
	Azobé brug	0,2%	0,0%	19,3%	44,8%	88,0%	0,0%
Damwand	Accoya damwand	0,0%	0,0%	10,0%	50,0%	99,7%	0,0%
	Combi damwand	0,0%	0,0%	10,0%	50,0%	93,0%	0,0%
Geleiderails	Houten geleiderails	0,2%	0,0%	11,8%	49,1%	97,7%	0,0%
Portaal	Houten portaal	1,5%	0,0%	22,5%	43,8%	83,8%	0,0%

5.3 Innovatief vermogen

Op verzoek van Rijkswaterstaat is de Nederlandse Innovatie Monitor editie 2020 onder de aandacht gebracht bij GWW-bedrijven. De resultaten geven een impressie van hoe de GWW-sector ervoor staat op het gebied van innovatievermogen, duurzaamheid en factoren ('condities') om dat te beïnvloeden. De resultaten zijn gepresenteerd gedurende Building Holland 2020 (Heij & Volberda, 2020):

Zo komt naar voren dat de ondervraagde GWW-bedrijven verhoudingsgewijs vrij weinig oplossingen introduceren die nieuw zijn voor de markt. De omzet uit oplossingen die fundamenteel nieuw zijn voor de markt(en) waarin zij opereren blijft namelijk 5% achter ten opzichte van het landelijk gemiddelde (de score van alle organisaties die hebben deelgenomen aan de Nederlandse Innovatie Monitor editie 2020, red.). Daartegenover staat dat zij verhoudingsgewijs wel meer (+2% ten opzichte van landelijk gemiddelde) omzet behalen uit oplossingen die wel nieuw zijn voor de organisatie, maar niet als wezenlijk nieuw voor de markt(en) waarin zij opereren. Deze bevindingen vormen een indicatie dat GWW-bedrijven niet geheel onbekend zijn met het imiteren van elkaars nieuwe oplossingen.

Op het gebied van verantwoord ondernemerschap scoren de ondervraagde GWW-bedrijven aanzienlijk (+20%) boven het landelijk gemiddelde. Deze vorm van ondernemerschap betreft de mate waarin organisaties als doel hebben om de kwaliteit van de natuur te beschermen en/of te verbeteren. Het betreft als het ware duurzame groei waarbij de organisatie oog heeft voor het welzijn van de maatschappij en samenleving. Ook wat betreft de ambities om de ecologische voetafdruk te minimaliseren springen de ondervraagde GWW-bedrijven eruit. Zeven op de tien van hen hebben de ambitie om hun ecologische voetafdruk uiterlijk in 2030 geminimaliseerd te hebben. Bij de bouwnijverheid en vastgoed en het landelijk gemiddelde is dat achtereenvolgens 42% en 48%.

Het bevorderen van het innovatief vermogen en duurzaamheid vraagt niet louter om investeringen in nieuwe technologieën. Tal van studies geven aan dat de combinatie van investeringen in nieuwe technologieën en sociale innovatie een belangrijke sleutel vormen om beter te presteren. Onder

sociale innovatie vallen innovatieve organisatievormen, innovatief leiderschap, investeringen in hoogwaardige arbeidsrelaties en externe samenwerking (co-creatie). Uit de bevindingen komt naar voren dat de ondervraagde GWW-bedrijven – ten opzichte van het landelijk gemiddelde – relatief beperkt inzetten op zowel nieuwe technologieën als innovatief leiderschap (-4%). Op het gebied van innovatieve organisatievormen (gemeten via zelforganisatie) en investeringen in hoogwaardige arbeidsrelaties (gemeten via menselijk sociaal kapitaal) kennen zij daarentegen wel een bovengemiddelde score van achtereenvolgens van +4% en +9%. Aanvullende aandacht voor zowel de technologische kant van innovatie als de sociale kant kan daarmee helpen om het innovatievermogen van GWW-bedrijven te stimuleren.

6 Conclusie en aanbevelingen

Het doel van deze studie was tweeledig. Enerzijds om de methodiek van de beschouwing herzien op basis van de CB'23 leidraad Meten van circulariteit versie 2.0 en anderzijds om een overzicht te creëren van de huidig beschikbare en op korte termijn beschikbaar komende (deels) circulaire innovaties, die kunnen worden toegepast op het RWS-areaal. Hieruit is naar voren gekomen dat meerdere innovaties gereed zijn voor toepassing gebaseerd op het TRL-niveau. Echter hangt de daadwerkelijke toepasbaarheid op het areaal van RWS samen met nog andere factoren.

Bovendien laten de resultaten uit deze studie ook zien dat wanneer RWS zich hierbij richt op innovaties aan het asfalt, de geleiderails, damwanden en geluidschermen dat al een reductie van 35% op areaalniveau gerealiseerd kan worden op MKI en 32% op CO₂-uitstoot. Een overzicht van de berekende innovaties in de kwantitatieve analyse is weergegeven in Tabel 4 en Tabel 5, zie hoofdstuk 5.2.3. De conclusie dat de milieulast gereduceerd kan worden door innovatieactiviteiten te richten op een aantal specifieke innovaties is ook naar voren gekomen uit de vorige studie (2018) en dus is het advies aan RWS wederom de primaire focus op deze innovaties te richten.

Tegelijkertijd is het ook mogelijk dat innovatie die niet in deze studie verwerkt zijn een significante reductie op de milieu-impact kunnen hebben. Het is hierdoor mogelijk dat het zwaartepunt kan komen te verschuiven. Zo hebben de wegverhardingen een grote impact op het gehele areaal. Een intensievere studie specifiek gericht op de wegverhardingen kan meer inzicht geven welke innovatierichting hierbij de meeste potentie heeft. Daarnaast heeft beton ook grote impact bij met name de referenties, aanvullende beton-innovaties kunnen een grote bijdrage hebben om een meer circulaire GWW te realiseren.

Een andere belangrijke conclusie is dat de deskundigheid van de respondenten op het gebied van circulariteit en duurzaamheid nog niet goed genoeg is. Op basis van ervaringen en input op de vragenlijst voor deze studie valt op dat de koplopers in deze studie meer kennis hebben op het gebied van duurzaamheid en circulariteit. Hieruit kan geconcludeerd worden dat om meer succesvolle circulaire innovaties te ontwikkelen het kennisniveau van de sector verhoogd dient te worden. In 2018 is het vergelijkbare geconcludeerd. Aangezien er in 2018 een vergelijkbare conclusie is gedaan, kan dit erop wijzen dat er weinig ontwikkeling plaatsgevonden heeft in de kennis over circulariteit bij GWW-partijen. Wel dient bij deze conclusie rekening worden gehouden dat niet altijd dezelfde respondenten in deze studie hebben deelgenomen als in de studie van 2018.

Wat betreft de studie van de UvA naar het sociaal innoverend vermogen, zijn de eerste resultaten nog niet volledig genoeg om hier conclusies uit te trekken. Alhoewel uit de eerste resultaten naar voren lijkt te komen dat de GWW-sector met name goed scoort op incrementele innovaties en achter lijkt te blijven op sociale innovatie, is het aantal respondenten te laag om hier concrete conclusies uit te trekken. Om een beter beeld te krijgen van het sociaal innoverend vermogen van de GWW is het dus noodzakelijk om meer reactie te ontvangen. Dit kan gerealiseerd worden door actiever de markt op de vragenlijst te wijzen, door het netwerk van RWS erbij te betrekken bijvoorbeeld met behulp van het Betonakkoord en het programma Asfalt-Impuls, door de respondenten inzicht te geven in de eigen prestaties t.o.v. de gehele groep, door toe te voegen aan de gebruikelijke markt monitoringsmechanisme van RWS, of door bijvoorbeeld een beloning aan de respons te hangen. De UvA heeft voldoende ervaring om hierin ondersteuning te geven.

Naast de bovengenoemde hoofdconclusies zijn ook de volgende conclusies getrokken:

Tientallen innovaties zijn volgens hun TRL-niveau al beschikbaar of bijna beschikbaar om grootschalig toegepast te worden op het areaal van RWS. Ruim 80% van de innovaties heeft een TRL-niveau 6 of hoger, waarvan meer dan 50% aangeeft TRL9 te hebben.

Naast de onderdelen waar een grote potentie behaald kan worden zijn ook meerdere innovaties die op de andere, minder prominente, GWW-onderdelen een impact hebben. Deze impact is wellicht lager dan op de in de hoofdconclusie omschreven onderdelen, maar desondanks kan RWS, en ook andere overheidspartijen, op verschillende facetten tegelijkertijd circulariteit stimuleren. Het advies aan RWS is de opgedane kennis te delen met andere opdrachtgevers in de GWW, zodat deze in bredere mate ingezet kan worden.

Een andere interessante conclusie is dat verschillende type innovaties bijdragen aan de circulaire prestaties. Er zijn innovaties die gericht zijn op het minimaliseren van materiaalgebruik, maar ook wordt ingezet op biobased-, gerecyclede en hergebruikte grondstoffen. Daarnaast is vooral een hoog percentage zichtbaar voor hergebruik en recyclebaarheid aan het einde van de gebruiksfase. Hierbij dient wel rekening te worden gehouden dat voor recyclebaarheid geen onderscheid gemaakt is tussen hoogwaardige en laagwaardige recycling. Al met al biedt dit RWS de mogelijkheid om een strategie te ontwikkelen waarbij breder wordt ingezet op verschillende type circulaire innovaties. Hierdoor wordt de strategie robuuster en beter voorbereid op nu nog onvoorziene obstakels in de ontwikkeling van het meetbaar maken van circulaire prestaties. Uiteindelijk biedt deze ontwikkeling de mogelijkheid voor een erkende (eenpunts)indicator om diversie innovaties te vergelijken op circulariteit.

Tot slot zijn er innovaties die goed scoren op de circulaire, maar minder goed scoren op de milieuparameters en visa versa. Dit kan bijvoorbeeld ontstaan doordat primaire materialen, die van zichzelf lagere milieulast hebben, worden vervangen, terwijl het zwaartepunt van de milieulast van het product in een andere grondstof zit. Ook is het mogelijk dat meer materialen nodig zijn om het product zijn functie te laten beoefenen. Zo kan een product per volume-eenheid een lagere milieulast hebben, maar aangezien een veelvoud aan grondstoffen nodig is, vind er geen reductie plaats voor de milieuparameters. Om de juiste innovatie-keuze te kunnen maken is het advies om altijd beide type parameters in ogenschouw te nemen.

7 Discussie

Het doel van deze studie is om de methodiek verder te ontwikkelen en om een overzicht te krijgen van de huidige beschikbare en op korte termijn beschikbaar komende (deels) circulaire innovaties, die kunnen worden toegepast op het RWS areaal. Hierin is deze studie geslaagd, echter zijn er verschillende aandachtspunten welke voor verbetering vatbaar zijn indien deze studie (periodiek) herhaald zal worden. Dit hoofdstuk omschrijft deze aandachtspunten en bijbehorende aanbevelingen ter verbetering.

Het doel van de enquête voor de circulaire innovaties was om zowel innovatie specifieke informatie als marktbrede informatie te verkrijgen. De enquête heeft hieraan voldaan, echter dient met de volgende punten rekening te worden gehouden in een eventuele herhaalstudie:

- Zoals aangegeven in de resultaten bestaat het vermoeden dat niet alle respondenten deskundig genoeg zijn op het gebied van circulariteit en duurzaamheid om de vragenlijst correct in te vullen. Om dit te voorkomen zouden de respondenten meer ondersteund kunnen worden met aanvullende informatie, zoals per onderwerp een volledige maar heldere definitie-omschrijving.
- Mogelijk hebben de 'afwijkende' antwoorden als gevolg hiervan invloed gehad op de resultaten van de kwalitatieve analyse. Voor de volgende keer is het waardevol om afwijkende antwoorden op voorhand te filteren. Zodat deze antwoorden de resultaten minder vertroebelen.
- Meer gesloten vragen zullen tot meer eenduidige antwoorden leiden, hetgeen de analyse scherper maakt. Echter dient hierbij wel rekening te worden gehouden dat out-of-the-box innovaties genoeg ruimte krijgen om zich te kunnen onderscheiden.

Aansluitend hierop is opgevallen dat het aantal respondenten dat de duurzame prestaties voldoende kan onderbouwen beperkt is. Het goed onderbouwen en aantoonbaar maken van de circulaire prestaties van de innovatie kan de productontwikkeling bevorderen. Meer onderbouwde analyses zouden dus niet alleen de datakwaliteit van deze studie bevorderen, maar zullen de transitie naar een circulaire en duurzame GWW ook kunnen stimuleren.

Door de vergelijkbare opzet van deze studie t.o.v. van Circulaire Innovaties in de GWW (van Leeuwen M., 2018) is het verleidelijk om de resultaten per innovatie te vergelijken. Echter zijn de LCA's destijds met een andere achtergrond-database en versie van de Bepalingsmethode berekend. Daardoor zal de vergelijking tussen de twee studies nooit één op één gemaakt kunnen worden. Tevens wijken de in deze studie gehanteerde parameters deels af van de parameters uit 2018, wat de vergelijkbaarheid van de twee studies eveneens belemmert.

Voor de kwantitatieve analyse is de eis dat de LCA's minimaal voldoen aan Bepalingsmethode versie 3.0 (Stichting Bouwkwiteit, 2019), echter zijn latere wijzigingsbladen gepubliceerd welke invloed hebben op de resultaten. Er zouden te weinig LCA's beschikbaar zijn als de laatste versie van de Bepalingsmethode, inclusief alle wijzigingsbladen, zou zijn gehanteerd als eis.

De resultaten uit de dashboards tonen aan wat de potentie is van de innovaties, zowel op innovatie- als op areaal-niveau. Om tot deze resultaten te kunnen komen zijn er een hoop areaal-onderdelen gegeneraliseerd. Hierdoor zijn een deel van de uitzonderingen buiten beeld geraakt. Ook zijn er aannames gedaan over de toepasbaarheid van specifieke innovaties, waar technisch gezien nog

onzekerheden over zijn, zoals de toepasbaarheid van COlt Light Asphalt als deklaag op rijkswegen. De resultaten uit deze studie zijn dan ook met name bruikbaar om een 'hoog over'-inzicht te krijgen in de circulaire potentie van innovaties en de impact van specifieke areaal-onderdelen. Eventuele vervolgstudies voor specifiekere transitiepaden en/of areaal-onderdelen zal in meer details inzicht geven in de potentie van de innovaties. Het rekenmodel is geschikt om hierop aangepast te worden.

Tegelijkertijd hebben diverse innovatie nog nooit de eindelevensduurfase bereikt. Omdat hierdoor geen specifieke scenario's bepaald kunnen worden, is er uit gegaan van forfaitaire afvalscenario's zoals omschreven in de Bepalingsmethode (Stichting Bouwkwiteit, 2019). Sommige afvalverwerkers zien echter complicaties bij het verwerken van verschillende innovaties. Met name daar waarbij er grondstoffen worden toegepast welke gedurende de verwerking niet meer gescheiden kunnen worden.

Deze studie geeft duiding over welke innovaties de meeste potentie hebben de milieulast te reduceren en een meer circulaire GWW te creëren. Hierdoor lijkt het voor de hand liggend om hier de primaire focus op te leggen. Echter zijn dit niet per definitie de objecten welke als eerste vervangen dienen te worden en daarom kan het effect van maatregelen vertraagd zichtbaar worden. Om deze reden is er baat bij om bij het bepalen van de innovatierichting rekening te houden met de uitbreidings- en vervangingsopgave op de korte en middellange termijn.

Niet voor alle referenties, bijv. de kolk, is bekend hoeveel stuks zijn toegepast op het areaal van RWS. Daardoor konden niet alle innovaties worden meegenomen in de analyse. Daarnaast zijn voor bepaalde referenties aannames gedaan. Indien deze data beschikbaar is bij een herhaalstudie dan zal de potentie van diverse innovaties op het areaal concreter bepaald kunnen worden. Desalniettemin bieden de huidige referenties voldoende houvast om een concrete inschatting te kunnen maken van de potentie van de innovaties.

Uit de dashboards voor de diverse innovaties is af te lezen dat de fysieke schaarste, uitgedrukt door de grootheid "Uitputting van abiotische grondstoffen" een grote variatie kent. Dit probleem is recentelijk bekend geworden in de LCA-sector. Er wordt op het moment van schrijven nog verder onderzoek gedaan naar de oorzaak. De reden dat het tot recent niet is opgevallen is dat dit milieueffect een kleine bijdrage heeft aan de MKI en daarom is het lange tijd onderbelicht geweest. De resultaten met betrekking tot fysieke schaarste moeten dus met enige voorzichtigheid beschouwd worden. Naar verwachting is bij een herhaalstudie meer inzicht in de oorzaak en een oplossing voorhanden zodat de resultaten meer inzicht zullen geven.

Voor de studie naar de prestaties op het gebied van innovatief vermogen door GWW-bedrijven is het aantal reacties (10) simpelweg te laag om een volwaardige analyse te kunnen uitvoeren. Hierdoor kunnen nog geen inhoudelijke conclusies getrokken worden uit deze resultaten. Het aantal respondenten zou verhoogd kunnen worden door partijen actief te benaderen, door het grote netwerk van RWS (bv. met behulp van het Betonakkoord of het programma Asphalt-Impuls) erbij te betrekken of door de bedrijfsspecifieke resultaten t.o.v. het totaal te delen met de respondent (incentive voor deelname creëren). Wel heeft de analyse laten zien dat de methode die gehanteerd is, efficiënt is om de GWW af te zetten t.o.v. de Bouwnijverheid & vastgoed en het gemiddelde van de Nederlandse bedrijven.

8 Bibliografie

- chemsafetypro. (2020, juni 29). *REACH SVHC Finder*. Opgehaald van ChamSafetyPRO:
https://www.chemsafetypro.com/Topics/EU/REACH_SVHC_Finder.html
- De bouwagenda. (2018). *Transitieteam Circulaire Bouweconomie. Samen bouwen aan de circulaire economie voor Nederland in 2050*. Delft: De bouwagenda.
- ECHA. (2020, november). *REACH begrijpen*. Opgehaald van European Chemicals Agency:
<https://echa.europa.eu/nl/regulations/reach/understanding-reach>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Circularity indicators, An approach to measuring circularity, methodology*.
- European Commission. (n.d.). *Critical raw materials*. Opgehaald van European Commission - Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs:
https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en
- Grondstoffenscanner. (2020). *Grondstoffenscanner*. Opgehaald van Grondstoffenscanner:
<https://www.grondstoffenscanner.nl/>
- Heij, K. (2020). *Een blik op het innovatievermogen van GWW-bedrijven*. Amsterdam: Presentatie Building Holland.
- Kruit, J. (2017). *Technology Readiness Level (TRL) en subsidieregelingen*. Opgehaald van
<https://innovencio.nl/technology-readiness-levels/>
- NEN. (2006a, juli). NEN-EN-ISO 14040. Delft, Nederland: Koninklijk Nederlands Normalisatie-instituut.
- NEN. (2006b, juli). NEN-EN-ISO 14044. Delft, Nederland: Koninklijk Nederlands Normalisatie-instituut.
- NEN. (2019, november). NEN-EN 15804+A2. Delft, Nederland: Koninklijk Nederlands Normalisatie-instituut.
- NIBE. (2017, februari 16). *Haalbaarheidstoets Innovatiedoelen en -ambities InnovA58*. Bussum, Nederland.
- NIBE. (2018, april 3). *Toetsen van circulariteit in InnovA58*. Bussum, Nederland.
- NIBE. (z.d.). *Blankenburg tunnelontwerp*. verkregen van Boskalis.
- Platform CB'23. (2020b). *Platform CB'23 Lexicon circulaire bouw versie 2.0*. Delft: Platform CB'23.
- Platform CB'23. (2020c). *Leidraad Meten van circulariteit versie 2.0*. Delft: Platform CB'23.
- Platform CB'23. (2020a). *Over Platform CB'23*. Opgehaald van Platform CB'23:
<https://platformcb23.nl/over-platform-cb-23>
- Rijksoverheid. (2020). *Nederland circulair in 2050*. Geraadpleegd op 26-11-2020:
<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/nederland-circulair-in-2050#:~:text=Het%20eerste%20doel%20uit%20het,mineralen%2C%20metalen%20en%20fossiel>
- RWS. (2018, juni 07). *Principes voor circulair ontwerpen*. Opgehaald van RWS:
<https://www.RWS.nl/nieuws/2018/06/principes-voor-circulair-ontwerpen.aspx>
- RWS. (2020, februari). *Impulsprogramma Circulaire Economie RWS*. Opgehaald van Publicatiedatabank IenW: <http://publicaties.minienm.nl/documenten/jaarrapport-impulsprogramma-rws-ce-2019-de-toekomst-begint-nu>
- RWS. (2020a). *Circulair wegmeubilair*. Opgehaald van RWS innoveert:
<https://rwsinnoveert.nl/innovaties/@208851/circulair/>
- RWS. (2020b). *Technology Readiness Level*. Opgehaald van RWS innoveert:
<https://rwsinnoveert.nl/uitleg-trl/uitleg-trl/>
- RIVM. (2020). *Home*. Opgehaald van AERIUS: <https://www.aerius.nl/nl>

- Royal Haskoning DHV. (2018). *Circulair sturen op hoogwaardig hergebruik van toegepaste en toe te passen materialen*.
- Stichting Bouwkwaliiteit. (2019, januari). *Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken*. Rijswijk, Nederland.
- UvA. (2020). *Beknopte samenvatting voornaamste bevindingen Nederlandse Innovatie Monitor 2019*. Amsterdam.
- van Leeuwen, J. (2019). *Verkenning Maturity Model*. Bussum: NIBE.
- van Leeuwen, M. (2018). *Circulaire Innovaties in de GWW*. Bussum: NIBE.
- Volberda et al., H. (2011). *Monitoren van sociale innovatie: slimmer werken, dynamisch managen en flexibel organiseren*. Rotterdam: Tijdschrift voor HRM.
- Volberda, H., & Heij, C. (2013). *Monitoren van sociale innovatie: slimmer werken, dynamisch managen en flexibel organiseren*. Rotterdam: Tijdschrift voor HRM, aflevering 64.

BIJLAGE 1. Enquête

Inleiding

RWS, NIBE en het Amsterdam Centre for Business Innovation van de Universiteit Amsterdam (UvA) doen gezamenlijk onderzoek naar de potentie van circulaire innovaties voor een GWW brede invoering die kunnen bijdragen aan een volledig klimaat neutrale grond, weg en waterbouw sector. RWS zal via haar (internationale) netwerk deze innovaties breed onder de aandacht brengen.

Er zijn vele soorten innovaties die voor de GWW-sector geschikt zijn. De bijgaande enquête bevat mogelijke vragen voor een breed scala aan innovaties. Wij verzoeken u de vragenlijst zo volledig mogelijk in te vullen, maar zijn er vragen die niet voor uw innovatie van toepassing zijn dan kunt u dit aangeven. Heeft u vragen gemist, aanvullende informatie of op- en/of aanmerkingen, dan is hiervoor ruimte aan het einde van de vragenlijst.

Het onderzoek van NIBE richt zich primair op de milieupact en gezondheidseffecten van circulaire innovaties. UvA doet onderzoek naar het sociale aspect van (circulaire) innovaties. Aan het einde van deze NIBE vragenlijst treft u een link aan naar de UvA enquête 'De Nederlandse Innovatie Monitor', met het verzoek ook deze te completeren.

Uw deelname aan ons onderzoek en uw individuele antwoorden op de vragen worden strikt vertrouwelijk behandeld. Uw persoonsgegevens zijn goed beveiligd en worden uitsluitend gebruikt ten behoeve van het onderzoek. De bevindingen worden alleen op sectorniveau gepresenteerd.

Heeft u vragen, dan kunt u contact opnemen met Joost van Leeuwen, Adviseur duurzaam bouwen, j.vanleeuwen@nibe.org.

Bij voorbaat dank en heel veel succes bij het invullen van de enquête.

Algemene vragen

1. Algemene gegevens bedrijf

- Naam
- Bedrijf
- Adres
- Plaats
- Postcode
- E-mailadres
- Telefoonnummer

2. Wat is de naam van de innovatie?

3. Upload hier een afbeelding van uw innovatie.

4. Wat is het toepassingsgebied voor de innovatie? Voor meer toelichting over wegmeubilair RWS innoveert⁷.

- Geluidsbeperkende of - reflecterende constructies
- Kunstwerken
- Materieel op de bouwplaats
- Transport (logistiek)
- Vaarwegonderhoud en kustlijnverzorging
- Wegmeubilair
- Wegverhardingen
- Overige (geef nadere toelichting)

5. Hoe draagt uw innovatie bij aan een circulaire en/of duurzame GWW?

- Biobased materialen
- Duurzaam materieel
- Duurzaam transport
- Herbruikbare materialen
- Hergebruikte materialen
- Levensduur verlengend
- Materiaalreductie
- Onderhoud
- Recyclebare materialen
- Recyclede materialen
- Overige (geef nadere toelichting)

6. Voor welke opdrachtgevende doelgroep is of kan de innovatie interessant zijn?

- Gemeente
- ProRail
- Provincie
- RWS
- Waterschappen
- Overige (geef nadere toelichting)

7. Kunt u een omschrijving van de innovatie geven?

8. Welk probleem lost de innovatie op?

9. Wat is er innovatief aan het idee?

10. Hoe vaak (aantal) is de innovatie reeds toegepast?

⁷ <https://rwsinnoveert.nl/innovaties/@208851/circulair/>
Circulaire Innovaties GWW

Toepasbaarheid

11. In welke TRL-niveau⁸ bevindt de innovatie zich?

De Technology Readiness Level (TRL) is een methode om de volwassenheid in te schatten van technologieën gedurende de ontwikkelingsfase. Meer informatie is te vinden op RWS innoveert – Uitleg TRL.

- TRL1 – Basic principles observed
- TRL2 – Technology concept formulated
- TRL3 – Experimental proof of concept
- TRL4 – Technology validated in lab
- TRL5 – Technology validated in relevant environment
- TRL6 – Technology demonstrated in relevant environment
- TRL7 – System prototype demonstration in operational environment
- TRL8 – System complete and qualified
- TRL9 – Actual system proven in operational environment

12. Is het mogelijk om het hele areaal van RWS met de innovatie uit te voeren? Is de beschikbaarheid van grondstoffen bijvoorbeeld voldoende? Zo nee, welke schaal is haalbaar?

- Ja
- Nee
- Haalbare schaal:

13. Bevat het product stoffen die op de “zeer zorgwekkende stoffen”-lijst van REACH staan?

REACH is een verordening van de Europese Unie die werd vastgesteld om de gezondheid van mens en milieu beter te beschermen tegen gevaren die van chemische stoffen uitgaan en om het concurrentievermogen van de chemische industrie in de EU te versterken. REACH is er ook op gericht alternatieve methoden voor de gevarenbeoordeling van stoffen te stimuleren om het aantal tests op dieren te verminderen (Bron: ECHA⁹). Voor meer informatie en de lijst met stoffen kijk op Chemsafetypro¹⁰.

Grondstofgebruik

14. Bevat uw product socio-economische schaarse grondstoffen die op de CRM-lijst uit onderstaande afbeelding staan?

Zo ja, welke en hoeveel % van het totale grondstofgebruik?

TIP: dit inzicht komt ook naar voren uit de grondstoffenscanner (www.grondstoffenscanner.nl¹¹).

⁸ <https://rwsinnoveert.nl/uitleg-trl/uitleg-trl/>

⁹ <https://echa.europa.eu/nl/regulations/reach/understanding-reach>

¹⁰ https://www.chemsafetypro.com/Topics/EU/REACH_SVHC_Finder.html

¹¹ <https://www.grondstoffenscanner.nl/>

CRM – Critical Raw Materials (European Commission, 2017). In deze lijst staan abiotische grondstoffen die schaars zijn qua economisch belang en risico's kennen voor de leveringszekerheid. De lijst wordt elke 3 jaar geactualiseerd.

Schaarse grondstoffen volgens de CRM-lijst (EC, 2017):

- Antimoon
- Bariet
- Beryllium
- Bismut
- Boraat
- Cokeskool
- Fluoriet
- Fosfaatgesteente
- Fosfor
- Gallium
- Germanium
- Hafnium
- Helium
- HREEs¹
- Indium
- Kobalt
- LREEs²
- Magnesium
- Metallisch silicium
- Natuurlijk grafiet
- Natuurlijk rubber
- Niobium
- PGMs³
- Scandium
- Tantalium
- Vanadium
- Wolfram

¹ HREEs zijn zware zeldzame aardmetalen.

² LREEs zijn lichte zeldzame aardmetalen.

³ PMGs zijn platinumgroep metalen.

15. Voor hoeveel procent bestaat uw innovatie uit biobased (biotisch hernieuwbare) materialen?

16. Welke biobased materialen zijn dit?

17. Voor hoeveel procent bestaat uw innovatie uit abiotische hernieuwbare materialen?

18. Welke abiotische hernieuwbare materialen zijn dit?

19. Indien er in uw innovatie gebruik wordt gemaakt van hout. Maakt u gebruik van de door TPAC erkende keurmerken?

- Nee
- FSC
- PEFC
- MTCS
- Keurhout
- STIP
- Overige
- meerkeuzen

20. Kunt u dit keurmerk hier uploaden?

Circulariteit

Deze pagina is onder andere gericht op het hergebruik van producten en de recycling van de grondstoffen. CB'23 hanteert hiervoor de volgende definities:

'Hergebruik - bouwproducten of bouwonderdelen/-elementen opnieuw gebruiken in dezelfde functie, al dan niet na bewerking.'

'Recycling - terugwinnen van materialen en grondstoffen uit afgedankte producten, en opnieuw inzetten hiervan voor het maken van producten.'

21. Zijn circulaire ontwerpprincipes toegepast?

Voor inzicht in deze 8 ontwerpprincipes zie RWS Innoveert¹².

Ja

Nee

22. Kunt u aangeven welk principe voor circulair ontwerpen hierbij gehanteerd is?

- Niet doen wat niet echt hoeft (voorkomen)
- Verleng de levensduur van bestaande objecten
- Maak duurzaam gebruik van bestaande objecten, materialen, grondstoffen en natuurlijke processen
- Ontwerp voor meerdere levenscycli
- Ontwerp toekomstbestendig
- Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud
- Ontwerp voor duurzaam materiaal gebruik
- Ontwerp voor minimaal grondstof en energieverbruik in aanleg en gebruiksfase

23. Hoeveel procent gerecycled materiaal is er toegepast in de innovatie?

24. Hoeveel procent hergebruikt materiaal is er toegepast in de innovatie?

25. Hoeveel procent van het product is bij einde levensduur herbruikbaar?

26. Hoe vaak (aantal cycli) kan het materiaal hergebruikt worden?

27. Hoeveel procent van het product is bij einde levensduur recyclebaar?

28. Is dit hoogwaardige recycling, met behoud van functie of kwaliteit verhogend, of laagwaardige recycling, zogenaamde downcycling?

- Hoogwaardige recycling
- Laagwaardige recycling
- Hier kunt u een omschrijving geven van hoe het product gerecycled wordt en hoe het weer ingezet kan worden in de volgende cyclus.

29. Hoe vaak (aantal cycli) kan het materiaal gerecycled worden?

30. Hoeveel procent van het product is bij einde levensduur composteerbaar?

31. Heeft u een eigen (geïntegreerd) retoursysteem voor inzameling na gebruiksduur? Indien ja, kunt u hiervan een omschrijving geven?

¹² <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/2018/06/principes-voor-circulair-ontwerpen.aspx>

Milieu

32. Indien er een levenscyclusanalyse (LCA) is opgesteld van de innovatie, kunt u deze dan hier uploaden?

De voorkeur gaat uit naar een LCA opgesteld volgens de door Stichting BouwKwaliteit opgestelde Bepalingsmethode (v3.0), echter wanneer deze niet beschikbaar is dan zijn LCA's volgens andere rekenrichtlijnen ook welkom.

33. Is uw innovatie ontwikkeld om stikstof uitstoot te verminderen?

- Ja
- Nee
- Indien het stikstof besparend is, kunt u aangeven hoeveel procent het bespaard t.o.v. de referentie?

34. Heeft u uw innovatie laten doorrekenen door middel van de Aerius-methode? Dan kunt u deze hier uploaden.

35. Is uw innovatie ontwikkeld om (ultra)fijnstof-uitstoot te verminderen?

- Ja
- Nee
- Indien het (ultra)fijnstof besparend is, kunt u aangeven hoeveel (ultra)fijnstof er wordt uitgestoten per eenheid?

Afsluiting

Enquête Circulaire Innovatie Monitor

De in het kader van dit onderzoek verkregen knowhow en/of bedrijfsinformatie is alleen bedoeld voor en wordt alleen gebruikt door NIBE en haar opdrachtgever. NIBE en haar opdrachtgever zullen geheimhouding betrachten ten aanzien van uw gegevens en deze anoniem verwerken na afronding van het onderzoek.

Alleen met uw uitdrukkelijke toestemming zullen uw gegevens gepubliceerd worden.

36. Geeft u toestemming om uw innovatie en bedrijfsnaam bij naam te benoemen wanneer de resultaten gepubliceerd worden?

- Ja
- Nee

37. Mag NIBE u in de toekomst vaker naar uw mening vragen?

- Ja
- Nee

Hartelijk dank voor het invullen van deze vragenlijst.

Om een nog completer beeld te krijgen van de waarde van uw innovatie verwijzen wij u graag naar 'De Nederlandse Innovatie Monitor' die door UvA wordt uitgevoerd. Deze is (HIER) te vinden.

Wij verzoeken u vriendelijke ook deze tweede, aanvullende vragenlijst te completeren.

Nogmaals hartelijk bedankt.

BIJLAGE 2. Gedetailleerde invoer innovaties

Ten behoeve van de leesbaarheid van de bijlage is de invoer samengevat in het excel-bestand: Bijlage2 Gedetailleerde invoer innovaties.xlsx opgeslagen. Zowel NIBE als RWS zijn in bezit van een kopie van dit document. NIBE zal deze bijlage delen, mits het verzoek gepaard gaat met geschreven toestemming van RWS.

BIJLAGE 3. Referenties

Ten behoeve van de leesbaarheid van de bijlage is de invoer samengevat in het excel-bestand: Bijlage3 referenties.xlsx opgeslagen. Zowel NIBE als RWS zijn in bezit van een kopie van dit document. NIBE zal deze bijlage delen, mits het verzoek gepaard gaat met geschreven toestemming van RWS.