stowa

UNIE VAN WATERSCHAPPEN

CIRCULAIR ASSETMANAGEMENT WATERSCHAPPEN

HOOFDRAPPORT

RAPPORT 2022 19A

stowa

CIRCULAIR ASSETMANAGEMENT WATERSCHAPPEN

HOOFDRAPPORT

RAPPORT 2022 19A

ISBN 978.90.5773.972.9

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS B.M. Roelofs MSc
F. Huinink MSc
M.T. Kamps MSc
M. Tauber MSc

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
B. Nanninga, H. van Meer; UvW
N. Jonkers, E Klaversma; Waternet;
B. de Boer; Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
J. Schrander; WS Zuiderzeeland
J. Verschoor, P. Blom; WS Vallei en Veluwe
M Akkerman, T. Mollema; WS Noorderzijlvest
J. van Ijmeren, P. Willems; WS Rijnland
J. Baltissen, E. Schut; RWS
B. Palsma; STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau bv
STOWA STOWA 2022-19A
ISBN 978.90.5773.972.9

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.
Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

INZICHT EN HANDVATTEN VOOR VOLLEDIGE CIRCULARITEIT

In 2030 moet Nederland 50% circulair zijn, in 2050 volledig circulair. Hiermee wordt de belasting van ons milieu beperkt, leveringszekerheid van grondstoffen vergroot en worden economische kansen gecreëerd. Waterschappen beheren objecten, “assets”, in de waterketen, het watersysteem en waterveiligheid en daarmee een grote voorraad aan materialen. Daarmee ligt er een grote uitdaging om deze assets circulair te beheren.

Voor het winnen van deze materialen en vervaardigen van objecten, zijn energie en grondstoffen verbruikt. Hierdoor is er een milieu-impact ‘ingebed’ in deze assets. Deze is voor het totaal van de waterschappen ingeschat op basis van de gegevens van 6 waterschappen. De gemiddelde ingebedde klimaatimpact van de totale materiaalvoorraad per waterschap bedraagt ca. 1,2 Megaton CO_2-eq. Een meer volledige vertegenwoordiging van milieu-impact is de Milieu Kosten Indicator. Deze bedraagt gemiddeld 127 mln EUR per waterschap. De mate van circulariteit is ook bepaald op basis van de Material Circularity Index (MCI) en is nog slechts 13%.

Voor volledige circulariteit in aanleg en beheer van de assets is in deze studie een stappenplan ontwikkeld met als eerste stap inzicht in het huidige areaal (stap 1) en als tweede inzicht in de toekomstige vraag naar materialen voor de aanleg en onderhoud van het areaal en welke materialen daarbij vrijkomen (stap 2). Deze inzichten zijn de basis voor het vaststellen van de tactiek voor aanleg en beheer van specifieke assets (stap 3). Bijvoorbeeld het bevorderen van hoogwaardig hergebruik door modulair te gaan bouwen, of het ‘circulair slopen’ van bestaande objecten. In de realisatiefase (stap 4) wordt de aanpassing in het areaal daadwerkelijk doorgevoerd en veranderd daarmee de materiaalvoorraad.

Met deze inventarisatie en het concretiseren van de opgave is een belangrijke stap gezet in het concretiseren van het circulaire assetmanagement van de waterschappen.

Joost Buntsma
Directeur STOWA

SAMENVATTING

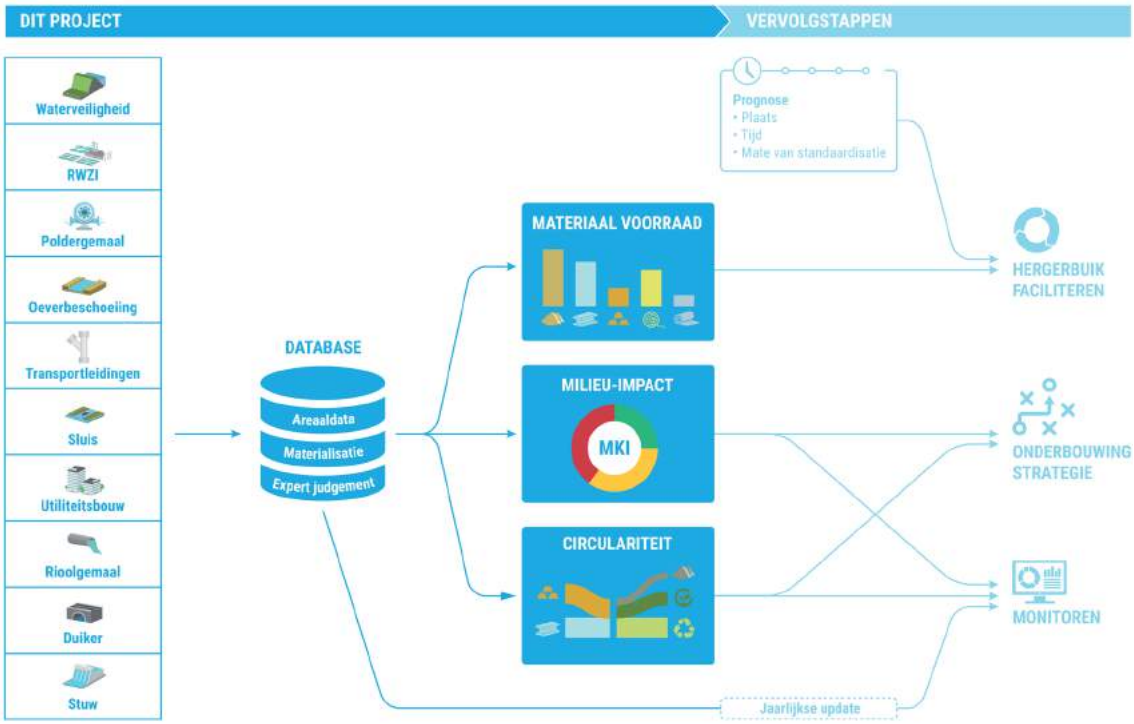
In het onderzoek Circulair Assetmanagement Waterschappen zijn de bouwmaterialen in assets van 6 waterschappen; Delfland, Hollands Noorderkwartier, Noorderzijlvest, Vallei en Veluwe, Amstel, Gooi en Vecht en Zuiderzeeland geanalyseerd. Met deze studie zijn 3 belangrijke bouwstenen geleverd om circulair assetmanagement te concretiseren:

- inventarisatie van materiaalvoorraad en ingebedde milieu-impact;
- voorbeelden van circulaire beheerstrategieën en;
- methodiek voor monitoren van klimaat- en circulaire doelen.

METHODE

Afbeelding 1 geeft de gebruikte methode en resultaten van dit project weer (links) en laat de vervolgstappen voor circulair assetmanagement zien (rechts). Areaaldata aangeleverd door de waterschappen is vertaald naar een materiaal voorraad, milieu- en klimaatimpact. Deze resultaten bieden input voor onderbouwing van circulaire strategie, monitoring en het faciliteren van hergebruik.

AFBEELDING 1 METHODE, RESULTATEN EN VERVOLGSTAPPEN VAN DE STOWA CIRCULAIR ASSETMANAGEMENT STUDIE



RESULTATEN

Materiaalvoorraad en milieu-impact

Gemiddeld heeft een waterschap een materiaalvoorraad binnen de assets van circa 27 Megaton (Mt, miljard kilogram). Dit is 0,5 Mt exclusief de objectcategorie waterveiligheid, waarin veel zand en klei in waterkeringen zit.

De gemiddelde ingebedde milieu-impact van de huidige materiaalvoorraad per waterschap uitgedrukt als Milieukostenindicator (MKI) is EUR 137 miljoen en de klimaatimpact in

CO_2-equivalenten bedraagt 1,2 Mt CO_2-eq. Waterkeringen (dijken) hebben een groot aandeel hierin door de grote massa.
Als de objectcategorie waterveiligheid buiten beschouwing wordt gelaten vormen rioolwaterzuiveringen met 36 % het grootste aandeel in massa van het areaal. Voor invloedrijke maatregelen zou dus als eerst naar deze objectcategorie gekeken kunnen worden. Voor klimaatimpact en milieu-impact (MKI) is dit respectievelijk 26 % en 31 %. Poldergemalen hebben daarna het grootste aandeel massa met 29 % en een aandeel van 21 % voor zowel klimaat- als milieu-impact. Slechts 8% van de massa bevindt zich in transportleidingen, maar door de toegepaste materialen in deze assets is de klimaat- en milieu-impact respectievelijk 21 % en 26 %.

Klimaatimpact materiaalgebruik versus gebruiksfase
Een grove analyse van de jaarlijkse vervangingen van waterschapsassets laat zien dat de jaarlijkse broeikasgasemissies door vervangingen in het areaal (exclusief waterveiligheid) in dezelfde ordegrootte liggen als operationele gebruiksfase emissies (via energie en additieven) uit de Klimaatmonitor. De gebruiksfase emissies onder huidige uitgangspunten zijn 11-134 % hoger dan ingebedde Klimaatimpact uit materiaalgebruik. Door vervangingen in waterkeringen mee te nemen, maar ook aanpassingen aan rekenmethodiek in de Klimaatmonitor kan deze verhouding nog sterk veranderen. Daarom wordt het resultaat ook geïnterpreteerd als gelijk in ordegrootte.
De analyse laat ook zien dat deze verhouding emissies voor verschillende assets sterk verschilt. Zo is de klimaatimpact bij rioolwaterzuiveringen hoger in gebruiksfase en voor assets als oeverbeschoeiingen is juist de klimaatimpact van materiaalgebruik hoger.

Circulariteit
Gezien het grote aandeel massa zand en klei van de categorie waterveiligheid, bestaat het areaal van de waterschappen bijna volledig uit primair materiaal. Dit materiaal ligt er echter al lange tijd, zal niet snel vervangen worden en kan vervolgens in veel gevallen goed hergebruikt worden.

Het huidige areaal exclusief de categorie waterveiligheid is ongeveer 13 % circulair, waarvan circa 5 % hernieuwbaar materiaal (hout), 1,8-3,5 % recyclaat (met name uit staal) en 96,5-98,0 % primair materiaal (met name uit beton). Bij einde levensduur zijn deze materialen opnieuw in te zetten als grondstof of secundaire bouwstof.

Leveringszekerheid materialen
Binnen de waterschappen zijn kritieke materialen in zeer beperkte hoeveelheden aanwezig. Voor zand, grind en klei is een fluctuerend aanbod vastgesteld. Daarnaast is de Nederlandse cementproductie gevoelig voor verstoring door afhankelijkheid van de staalindustrie. Circulaire strategieën bieden oplossingen voor deze leveringsrisico's.

Zorgwekkende stoffen
Bij hergebruik van materialen is het van belang goed zicht te hebben op zorgwekkende stoffen om deze waar mogelijk uit te faseren of op een juiste manier te beheren.

VOORBEELDEN CIRCULAIRE STRATEGIEËN

Op het gebied van circulair assetmanagement wordt al veel ondernomen. In hoofdstuk 5 Circulaire strategieën zijn verschillende manieren van circulair assetmanagement voor waterschappen verder toegelicht en aangevuld met inspirerende voorbeelden uit de praktijk.

MONITORING

Het monitoren van circulair assetmanagement is nodig om inzicht in de vordering van doelstellingen uit het klimaat- en grondstoffenakkoord te verkrijgen. Hiervoor lopen al verschillende ontwikkelingen (hoofdstuk 6), maar is ook jaarlijkse monitoring van aanleg, vervanging en onderhoud nodig. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van de DuboCalc objectenbibliotheek. Daarnaast kan hergebruik gefaciliteerd worden door strategisch materiaalbeheer en het maken van materiaalprognoses.

AANBEVELINGEN

Uit de resultaten van dit onderzoek volgen 3 aanbevelingen:

1. *circulaire strategie per objectcategorie* - De volgende stap is om als waterschap per objectcategorie een concrete circulaire assetmanagement strategie te ontwikkelen. Dit maakt toepassing van specifieke circulaire oplossingen, gezamenlijke regionaal hergebruik en landelijke afspraken op o.a. standaardisatie mogelijk;
2. *monitoring van klimaat- en circulaire doelen* - Om de effecten van circulair materiaalgebruik te kunnen monitoren is een materiaalstroomanalyse op jaarbasis nodig. Hiervoor is nodig dat aanleg, vervanging en onderhoudsactiviteiten in een bepaald jaar worden vertaald naar materiaalgebruik en hieraan gerelateerde milieu- en klimaateffecten. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van de objectenbibliotheek in DuboCalc.
3. *faciliteren hergebruik* - Om toekomstige vraag en aanbod in kaart te brengen moet de programmering van aanleg, beheer en sloop van assets worden vertaald in een materialisatie. Naast prognoses kan het waterschap hieruit concreet locatie en tijd voor hergebruik bepalen. Voor materiaaluitwisseling met andere partijen kan een platform ontwikkeld worden om deze informatie te delen.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

CIRCULAIR ASSETMANAGEMENT WATERSCHAPPEN
HOOFDRAPPORT

INHOUD

		TEN GELEIDE	
		SAMENVATTING	
		DE STOWA IN HET KORT	
1		INLEIDING	1
	1.1	Aanleiding	1
	1.2	Doelstelling	2
	1.3	Leeswijzer	2
2		ACHTERGROND	3
	2.1	Circulariteit	3
	2.2	Milieu-impact	5
3			7
	3.1	Materiaalvoorraad	7
	3.2	Circulariteit	8
		3.2.1 Material Circularity Inidicator (MCI)	8
		3.2.2 Materiaalstroomdiagram	8
	3.3	Milieu-impact berekenen	9
4		RESULTATEN	10
	4.1	Totale materiaalvoorraad	10
		4.1.1 Gemiddeld waterschap	10
		4.1.2 Samenstelling materiaalvoorraad	11
	4.2	Milieueffecten	13
		4.2.1 Klimaatverandering gebruiksfase	14
	4.3	Resultaten per objecttype	17
		4.3.1 Waterveiligheid	18
	4.4	Leveringszekerheid	19
	4.5	Zorgwekkende stoffen	23

5		VOORBEELDEN CIRCULAIR ASSETMANAGEMENT	25
	5.1	Inleiding	25
	5.2	Circulair assetmanagement	25
	5.3	Preventie	26
	5.4	Waardebehoud	28
		5.4.1 Levensduurverlenging	28
		5.4.2 Hergebruik	28
	5.5	Waardecreatie	31
		5.5.1 Circulair uitvragen en aanbesteden	31
		5.5.2 Duurzame materialen	33
		5.5.3 Toekomstbestendig en flexibel	35
		5.5.4 Ontwerpen voor meerdere levenscycli	37
		5.5.5 Uitvoering van projecten	39
6		MONITORINGSMETHODIEK	41
	6.1	Inleiding	41
	6.2	Huidige situatie waterschappen en ontwikkelingen	41
		6.2.1 Huidige situatie bij waterschappen	41
		6.2.2 Lopende ontwikkelingen	42
	6.3	Functionele behoefte monitoring	42
	6.4	Prestatie-indicatoren voor monitoring	43
	6.5	Vervolgstap: periodiek monitoren van klimaat- en circulaire doelen	45
	6.6	Vervolgstap: faciliteren hergebruik	46
		6.6.1 Strategisch materiaalbeheer	46
		6.6.2 Maken van materiaalprognoses	46
7		DISCUSSIE	48
	7.1	Schaalniveau	48
	7.2	Vereenvoudigingen	48
	7.3	Beperkingen rekenmethode	49
	7.4	Interpretatie resultaten	51
		7.4.1 Waterveiligheid	51
	7.5	Voorbeelden circulair assetmanagement	51
	7.6	Monitoring	52
8		CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	53
	8.1	Conclusies	53
		8.1.1 Materiaalvoorraad	53
		8.1.2 Milieu-impact materiaalgebruik	54
		8.1.3 Circulariteit	55
	8.2	Aanbevelingen	55
		8.2.1 Vervolgstap 1: Circulaire strategie per objectcategorie	55
		8.2.2 Vervolgstap 2: Monitoring van klimaat- en circulaire doelen	56
		8.2.3 Vervolgstap 3: faciliteren hergebruik	56
BIJLAGE 1		LOPENDE ONTWIKKELINGEN MONITORING	57

1

INLEIDING

Het onderzoek Circulair Asset Management Waterschappen geeft inzicht in het materiaalgebruik en milieu- en klimaatimpact van objecten in het beheer van de waterschappen, mogelijke circulaire beheerstrategieën en een monitoringsmethodiek. Het onderzoek biedt daarmee de eerste bouwstenen voor een meer circulair ontwerp, aanleg en beheer van assets.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) en in samenwerking met de Unie van Waterschappen (UvW) en zes waterschappen (Amstel, Gooi & Vecht (AGV), Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK), Hoogheemraadschap van Delfland, Waterschap Zuiderzeeland, Waterschap Noorderzijlvest, Waterschap Vallei en Veluwe). Voor het onderzoek is een begeleidingsgroep aangesteld met daarin vertegenwoordiging van de betrokken organisaties aangevuld met Waterschap Rivierenland[1], Rijkswaterstaat en het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP).

1.1 AANLEIDING

De wereld staat voor grote duurzaamheidsopgaven: niet alleen het beperken van klimaatverandering, maar ook het herstel van biodiversiteit, het terugdringen van chemische stoffen in het milieu en het sluiten van stikstofkringlopen. In 2021 was de ecologische voetafdruk van Nederland 3x zo hoog als waar de aarde in kan voorzien[2]. De circulaire economie is een middel om te werken aan een maatschappij die zich ontwikkelt binnen de grenzen van de aarde. In het Grondstoffenakkoord hebben waterschappen met het Rijk en circa 400 andere organisaties de ambitie onderschreven om gezamenlijk te streven naar een circulaire economie in 2050. Als tussendoelstelling is afgesproken om in 2030 al 50 % minder primaire grondstoffen te gebruiken, door in te zetten op levensduurverlenging, vermindering van het grondstoffengebruik en toepassen van secundaire (hergebruikte) grondstoffen. In de transitieagenda Bouw is afgesproken dat in 2023 100 % van de aanbestedingen circulair wordt uitgevraagd en in 2030 100 % circulair wordt aanbesteed. Werken aan circulaire economie kan een flinke bijdrage leveren aan de klimaatdoelstelling: het terugdringen van de nationale CO_2-emissies met 55 % in 2030. De bouwsector (B&U + GWW) neemt een flink deel van deze CO_2-uitstoot voor haar rekening: zo'n 11 % van de jaarlijkse hoeveelheid[3]. Het ministerie van IenW wil daarom om in 2030 volledig klimaatneutraal en circulair werken.

Om te bepalen waar wij staan in deze grondstoffentransitie hebben veel waterschappen de afgelopen jaren de gebiedseigen stofstromen in kaart gebracht. Hierbij lag de focus op ingaande en uitgaande energie-, water en grondstofstromen terwijl (bouw)materiaalgebruik in projecten en materiaalvoorraden in objecten van het waterschap veelal onderbelicht zijn gebleven.

1 Van het waterschap Rivierenland zijn geen resultaten opgenomen in dit onderzoek omdat onvoldoende data kon worden aangeleverd en heeft daarom alleen deelgenomen aan de begeleidingsgroep.

2 https://www.overshootday.org/newsroom/press-release-july-2021-netherlands-nl/

3 Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat (2020) *Naar Klimaatneutrale en Circulaire Rijksinfrastructuurprojecten*

Enkele waterschappen hebben al voor een aantal objecten in hun areaal of nieuwbouwprojecten de gebruikte materialen, elementen, en daarmee gepaard gaande ingebedde milieuimpact in kaart gebracht. Dat bleken arbeidsintensieve inventarisaties te zijn. Daarnaast wordt incidenteel al ervaring opgedaan met materialenpaspoorten en -marktplaatsen. Echter een goede aanpak voor het bepalen en monitoren van het materialengebruik in (bestaande en nieuw te bouwen) objecten van waterschappen mist nog.

Door het ontbreken van deze informatie kunnen waterschappen geen betrouwbare analyse maken van hun materialenvoorraden en missen ze essentiële informatie om te komen tot circulaire assetmanagement strategieën. Op dit moment zijn er relatief weinig referentieprojecten voorhanden om deze informatie uit te onttrekken. Tenslotte kunnen waterschappen zonder deze informatie geen goede nulmeting doen van het huidige materialengebruik en is het bepalen van een onderbouwde circulaire strategie en monitoring daardoor lastig.

1.2 DOELSTELLING

De doelstelling van dit onderzoek is om voor waterschappen bouwstenen te generen voor de ontwikkeling van een strategie voor circulair ontwerp, aanleg en beheer van assets. Hiervoor is de huidige materiaalvoorraad in assets en de hieraan gerelateerde ingebedde milieuimpact in kaart gebracht. Vervolgens zijn deze inzichten in context geplaatst van landelijke materiaalgebruik, verhouding met andere CO_2-emissies uit de Klimaatmonitor en sociaaleconomische effecten als leveringszekerheid en toxiciteit van materialen. De inzichten uit de voorraadanalyse zijn vertaald naar mogelijke circulaire beheerstrategieën geïllustreerd met voorbeelden. Op basis van deze onderzoekstappen is een monitoringsmethodiek uitgewerkt om verder invulling te geven aan circulair asset management. Met de in dit onderzoek ontwikkelde referentiedatabase en monitoringsmethodiek is ook de basis gelegd voor periodiek (jaarlijks) en minder arbeidsintensief monitoren van circulaire en klimaatdoelen gerelateerd aan (bouw)materiaalgebruik.

1.3 LEESWIJZER

Dit hoofdrapport beschrijft de resultaten van dit onderzoek. In hoofdstuk 2 achtergrond wordt het begrippenkader voor circulariteit toegelicht. De onderzoeksmethodiek wordt kort uiteengezet in hoofdstuk 3. In het achtergrondrapport rekenmethodiek wordt de werkwijze in meer detail beschreven. Vervolgens zijn de resultaten gepresenteerd en beschouwd in hoofdstuk 4. Hierop volgend zijn de resultaten in de context van circulaire strategieën geplaatst in hoofdstuk 5: voorbeelden voor circulair assetmanagement. In hoofdstuk 6 is de monitoringsmethodiek beschreven voor de huidige situatie, informatiebehoefte en toekomstvisie. Hoofdstuk 7 beschrijft een discussie over het uitgevoerde onderzoek. Hoofdstuk 8 sluit af met conclusies en aanbevelingen.

In het achtergronddocument Rekenmethodiek[4] is de werkwijze voor de materiaalvoorraadanalyse, uitgangspunten en berekeningen beschreven. In dit document zijn ook materiaalsamenstellingen van objecten (materiaalstaten) en aangeleverde areaaldata opgenomen. Tot slot, zijn separaat voor de deelnemende waterschappen ook factsheets opgesteld waarin de resultaten per waterschap zijn gepresenteerd.

4 Achtergrondrapport Rekenmethodiek, referentie 120873/22-002.883

2

ACHTERGROND

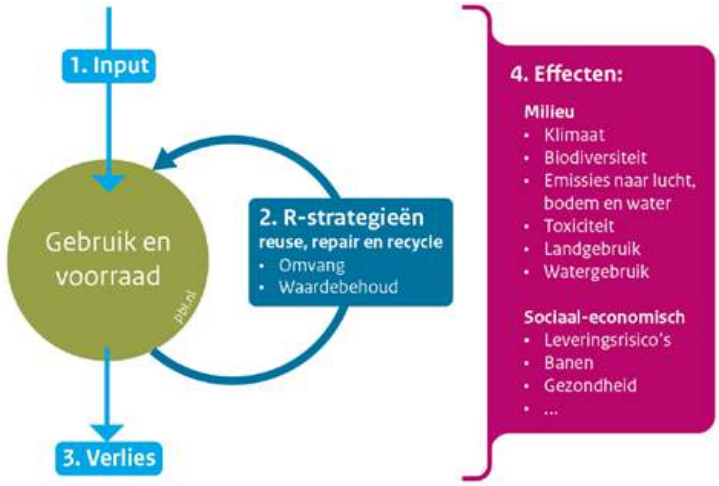
De doelstellingen van deze studie hebben als kernbegrippen circulariteit en milieu-impact. Deze begrippen zijn nauw aan elkaar verbonden en worden in dit hoofdstuk verder toegelicht.

2.1 CIRCULARITEIT

In een circulaire economie wordt optimaal gebruik gemaakt van grondstoffen door kringlopen te sluiten en te vertragen (bijvoorbeeld door levensduur verlenging van producten of vermijden van wegwerp artikelen) Hierbij wordt zo veel mogelijk waarde behouden door hergebruik van producten en materialen en verliezen te beperken. De circulaire economie is een middel om te verduurzamen door kringlopen te sluiten en zo de druk op de planeet te reduceren Het is daarom essentieel dat het sluiten van kringlopen op een duurzame manier gebeurd om probleemverschuiving te voorkomen.

In afbeelding 2.1 wordt de koppeling tussen de circulaire economie en duurzaamheid geïllustreerd. Input [1] en verlies [3] van grondstoffen moeten in een circulaire economie zo veel mogelijk gereduceerd worden met als doel milieu-impact en sociaaleconomische effecten te verkleinen [4].

AFBEELDING 2.1 RAAMWERK VOOR DOELEN EN INDICATOREN VAN MONITORING CIRCULAIRE ECONOMIE. BRON: PBL[5]



MATERIAALSTROMEN

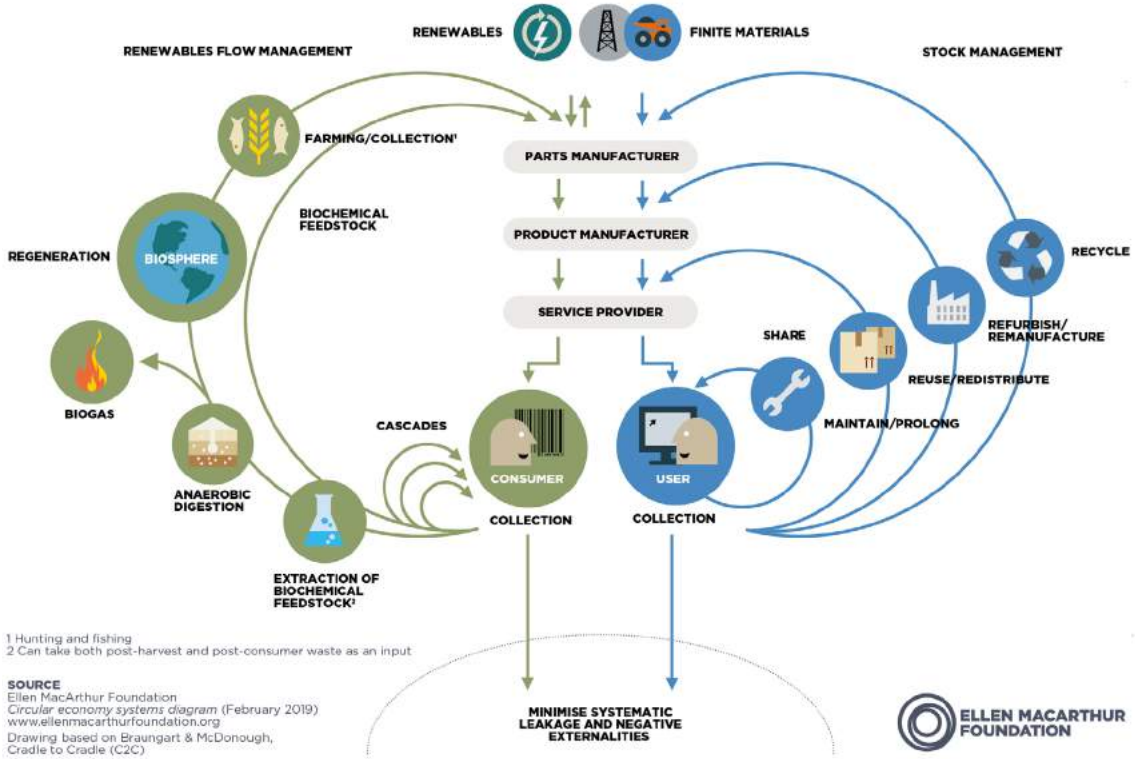
Als materialen vanuit circulariteit worden beschouwd, kunnen deze onderverdeeld worden op herkomst en einde-levensduurbestemming. Dit geeft inzicht in de mate van circulariteit en het uiteindelijke doel: verlaging van negatieve milieueffecten.

5 PBL (2021) Mogelijke doelen voor een circulaire economie

HERKOMST

De herkomst van een materiaal kan een niet-hernieuwbare[6] of hernieuwbare bron zijn. Hernieuwbare materialen, zoals hout, zijn circulair omdat deze onderdeel zijn van de biologische kringloop en daarmee geen eindige voorraden uitputten. Dit worden ook wel biotische materialen genoemd. Niet-hernieuwbare (technische) materialen zijn afkomstig uit eindige bronnen, zoals staal, aardolie, beton en moeten zo zorgvuldig mogelijk behouden worden. Het 'butterfly diagram' in afbeelding 2.2 geeft deze kringlopen en circulaire strategieën weer.

AFBEELDING 2.2 HERNIEUWBARE (RENEWABLES) EN NIET-HERNIEUWBARE (FINITE MATERIALS) MATERIAALSTROMEN IN DE CIRCULAIRE ECONOMIE



HERGEBRUIK

Het hergebruiken van producten en het recyclen van materialen vormen voor de niet-hernieuwbare materialen de hoofdstrategieën voor de circulaire economie. Hierbij is het gewenst primair materiaalgebruik zo veel mogelijk te reduceren en het toepassen van secundair materiaal te bevorderen. Recycling technische materialen.

Niet-hernieuwbare (technische) materialen kunnen onderverdeeld worden als recyclebaar en niet-recyclebaar. Hierin zijn gradaties te onderscheiden, aangezien sommige materialen na recycling in hun originele toepassing (zelfde kwaliteit als primair materiaal) gebruikt kunnen worden en dus gezien kunnen worden als nieuwe grondstof. Voorbeelden van hoogwaardig recyclebare materialen zijn metalen en sommige kunststoffen. Deze materialen kunnen bijvoorbeeld omgesmolten worden en opnieuw (eventueel vermengd met primair materiaal) worden toegepast in originele toepassing (zelfde kwaliteit als primair).

DOWNCYCLING

Andere materialen zijn niet meer toe te passen in hun originele toepassing (lagere kwaliteit dan primair materiaal) en kunnen dan slechts als secundaire bouwstof gebruikt worden, met

6 Onder niet-hernieuwbare bronnen vallen grondstoffen niet op natuurlijke wijze niet snel genoeg aangevuld worden om consumptie te onderhouden. Hieronder vallen bijvoorbeeld fossiele brandstoffen, mineralen en metalen.

een laagwaardigere toepassing ook wel 'downcycling' genoemd. Afbeelding 2.3 toont voor een product verschillende gradaties van functionaliteit en bijbehorende processen. Beton, keramieken, vezel-versterkte kunststoffen zijn bijvoorbeeld enkel te downcyclen als secundaire bouwstof en daarmee minder hoogwaardig.

LAAGWAARDIG EN LINEAIR

Een laagwaardige vorm van recycling is het verbranden en daarmee terugwinnen van energie uit een materiaal. Technisch gezien zijn er weinig materialen die enkel als afval (lineair) gezien kunnen worden, door vele mogelijke (hoog en laagwaardige) recyclingtechnieken. Door complexe verbindingen van verschillende materialen en gemengde inzameling dat onvoldoende gescheiden kan worden is in sommige gevallen storten of verbranding de enige praktische bestemming. Met name zorgwekkende materialen zoals asbest zijn ongewenst in een circulaire economie en zullen als afval behandeld worden.

Uitgangspunten voor de aandelen gerecycled materiaal en secundair bouwmateriaal zijn opgenomen in het achtergronddocument Rekenmethodiek[7].

AFBEELDING 2.3 GRADATIE VAN PRODUCT BIJ EINDE VAN DE LEVENSDUUR[8]

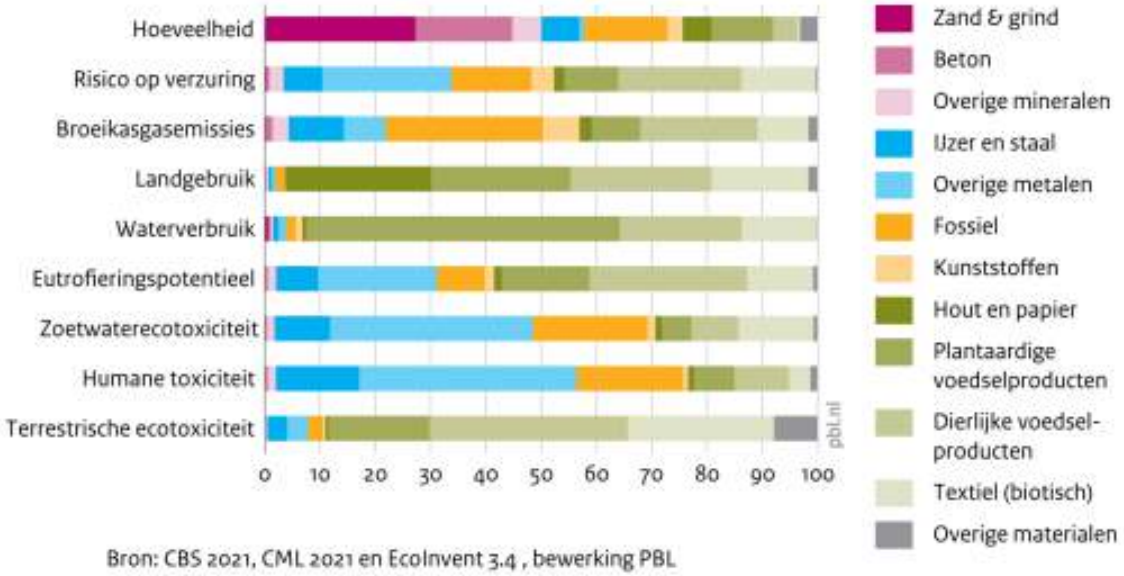
2.2 MILIEU-IMPACT

Grondstoffen en materialen vormen de basis van onze economie. De milieueffecten ten gevolge van het winnen en verwerken van deze grondstoffen en materialen beïnvloeden echter op grote schaal essentiële natuurlijke systemen. Afbeelding 2.4 beschrijft de relevantie van grondstoffen en materialen voor de milieueffecten van Nederlandse consumptie in 2018, op basis van een studie van het PBL.

7 Achtergrondrapport Rekenmethodiek, referentie 120873/21-018.378

8 Gradatie product bij einde levensduur:
1: Hergebruik: 1-op-1 hergebruik component.
2: Primaire grondstof: hoogwaardige recycling van componenten met behoud van kwaliteitsniveau en materiaaleigenschappen.
3: Downcycling: laagwaardige recycling van componenten zonder behoud van kwaliteitsniveau en materiaaleigenschappen.
4: Afval: indien enkel verbranden of storten mogelijk is.

AFBEELDING 2.4 RELEVANTIE VAN GRONDSTOFFEN EN MATERIALEN VOOR DE MILIEUEFFECTEN VAN NEDERLANDSE CONSUMPTIE IN 2018. BRON: PBL[9]



Hierin is te zien wat het massa-aandeel van de verschillende materiaalgroepen is en wat voor verschillende milieueffect-categorieën de bijdragen van de materiaalgroepen zijn. Hierbij valt op dat minerale grondstoffen en materialen (zand en grind, beton, overige mineralen) in massa relatief groot zijn, maar weinig invloed hebben op de milieueffecten. Voor 'ijzer en staal' en 'overige metalen' is dit tegenovergesteld, met name voor verzuring, broeikasgasemissies, eutrofiering (vermesting) en toxiciteit. Fossiele grondstoffen en materialen hebben met name op broeikasgasemissies een sterk effect. 'Hout en papier' hebben met name op landgebruik een sterk effect[10].

Met kennis over milieueffecten van materiaalgebruik kan effectief gestuurd worden op duurzaamheid door middel van circulariteit en het verlagen van de milieu-impact.

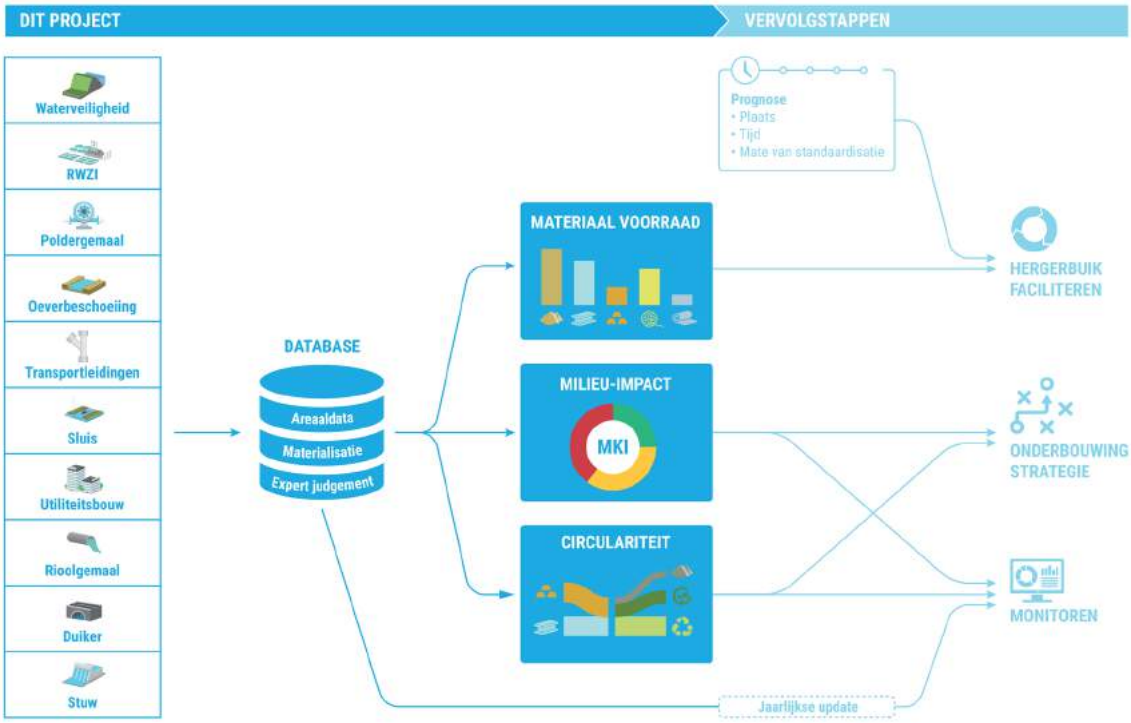
9 PBL (2021) Mogelijke doelen voor een circulaire economie

10 Overige biotische materialen en grondstoffen (hout en papier, voedselproducten, textiel) zijn met name verantwoordelijk voor landgebruik, waterverbruik, eutrofiering (vermesting) en toxiciteit voor leven op land (terrestrische ecotoxiciteit). Hierbij gaat het met name om voedselproducten.

3

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de gebruikte onderzoeksmethodiek voor deze studie. Een uitgebreide omschrijving is tevens opgenomen in de achtergrondrapportage rekenmethodiek. De volgende paragrafen geven een beknopte uitleg voor het berekenen van materiaalvoorraad en milieu-impact. Afbeelding 3.1 geeft de methode en onderzoeksresultaten visueel weer. Het schema toont voor dit project de methode die dit hoofdstuk beschrijft. In lichtblauw zijn daarnaast vervolgstappen weergegeven, die in de hoofdstukken 6 en 8 beschreven zijn.

AFBEELDING 3.1 ONDERZOEKSMETHODE VOORRAADANALYSE, RESULTATEN EN VERVOLGSTAPPEN



3.1 MATERIAALVOORRAAD

Vanuit de areaaldata aangeleverd door de waterschappen is bepaald hoeveel materiaal zich in deze assets bevindt en wat hiervan de ingebedde milieu-impact[11] is. De areaaldata is geanalyseerd en aangevuld met statistisch representatieve waarden en/of expert judgement. Vervolgens zijn met behulp van referentie-objecten, schaalbaarheid en expert judgement op basis van karakteriserende eigenschappen de materiaalhoeveelheden bepaald. De nauwkeurigheid van deze benadering wordt beperkt door de grote scope van verschillende waterschappen en object categorieën. In de achtergrondrapportage Rekenmethodiek wordt meer

11 De ingebedde milieu-impact van een object zijn de milieueffecten die plaats hebben gevonden voor de realisatie van het object. Hieronder vallen winning en verwerking van materialen, transport en realisatie van het object en verwijdering.

inzicht gegeven in rekenmethodiek en nauwkeurigheid van de resultaten. De materiaalhoeveelheden zijn vervolgens vertaald naar milieu- en klimaatimpact aan de hand van kengetallen uit de Nationale Milieu Database (NMD).

Met areaal wordt bedoeld: de assets in het beheer van de waterschappen. Onder assets worden in deze studie de vaste objecten beschouwd, waaronder:

- waterkeringen [waterveiligheid];
- rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) [waterketen];
- transportleidingen en rioolgemalen [waterketen];
- utiliteitsbouw;
- poldergemalen, sluizen, stuwen, duikers en oeverbeschoeiingen [watersysteem]; en
- wegen [infrastructuur].

Dit betekent dat bedrijfsvoering, zoals energie- en chemicaliëngebruik, brandstofverbruik, maaien, baggeren, slibtransport etc. niet zijn meegenomen.

3.2 CIRCULARITEIT

Om circulariteit te meten is gebruik gemaakt van circulaire indicatoren en visuele weergave van materiaalstromen.

3.2.1 MATERIAL CIRCULARITY INIDICATOR (MCI)

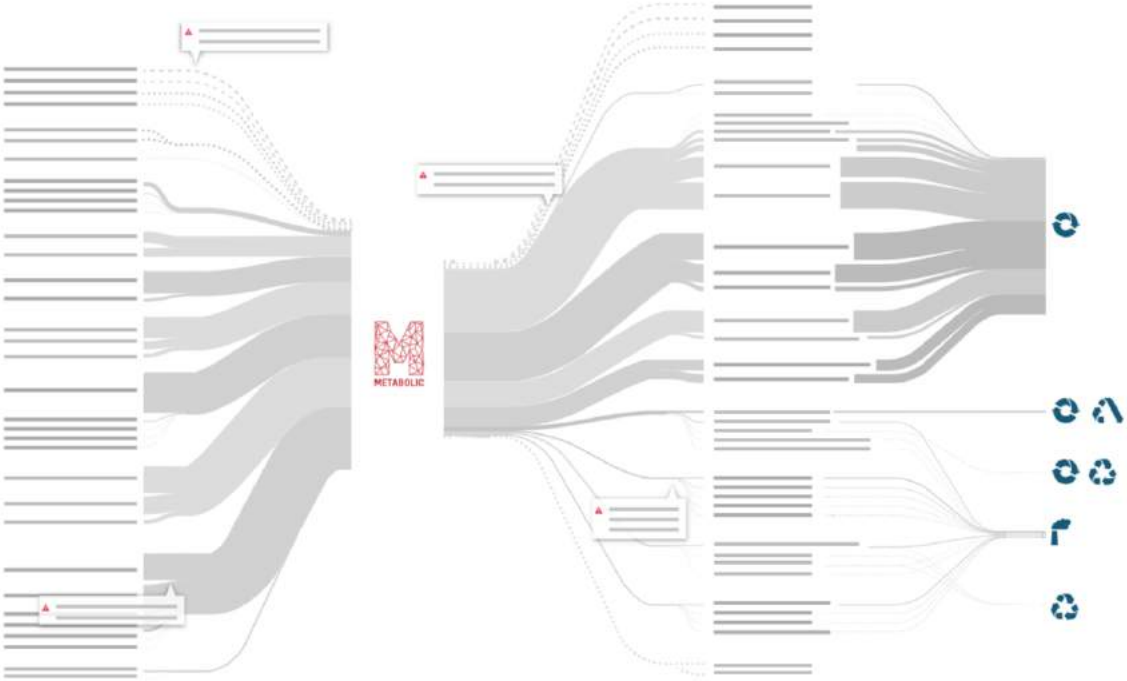
Herkomst, einde levensduurbestemming en gradaties daarin die zijn beschreven in hoofdstuk 2 geven een beeld van circulariteit van producten. Deze eigenschappen van materiaalstromen worden dan ook gebruikt als circulaire indicatoren in de Material Circularity Indicator (MCI). De MCI, ofwel mate van circulariteit, is een score van 0 tot 1 of 0% tot 100%, waarin 0 volledig lineair is en 1 (100 %) volledig circulair. De rekenmethode voor de MCI is beschreven door Ellen MacArthur Foundation[12].

3.2.2 MATERIAALSTROOMDIAGRAM

Een materiaalstroomdiagram geeft in 1 figuur verschillende circulaire indicatoren weer en laat zien hoe materialen verdeeld zijn over het objecten en het areaal. De materiaalstromen zijn weergegeven in een zogeheten Sankey diagram (afbeelding 3.2.). Een Sankey diagram wordt van links naar rechts gelezen, waarbij aan de linkerkant ingaande stromen worden weergegeven, in het midden de verschillende verwerkings- of processtappen, en aan de rechterkant uitgaande stromen weergegeven zijn. De dikte van de stromen verhoudt zich tot de massa van de stromen.

12 EMF (2019) Circularity Indicators: An approach to measuring circularity. https://ellenmacarthurfoundation.org/material-circularity-indicator.

AFBEELDING 3.2 VOORBEELD SANKEY DIAGRAM



3.3 MILIEU-IMPACT BEREKENEN

Naast het in kaart brengen van de materiaalvoorraad, wordt ook de milieu-impact hiervan berekend. Dat wil zeggen dat de milieu-impact die heeft plaatsgevonden om de assets te realiseren en verwijderen wordt meegenomen. De rekenmethode hiervoor is uitvoerig beschreven in de achtergrondrapportage rekenmethodiek. Deze paragraaf beschrijft kort de benodigde inzichten voor het interpreteren van de resultaten.

Deze milieu-impact of schaduwkosten worden in de Milieu Kosten Indicator (MKI) en klimaatimpact in broeikasgasemissies (CO_2-equivalenten) uitgedrukt. De MKI omvat een groot aantal relevante milieu-effectcategorieën[13] en vat deze samen in een enkele score (uitgedrukt in kosten als EUR). Hierin wordt ook de bijdrage aan klimaatverandering door broeikasgassen meegenomen. Omdat er in veel gevallen specifiek aandacht aan klimaatverandering geschonken wordt (onder andere in de Klimaatmonitor), zijn broeikasgassen (CO_2-eq) separaat weergegeven.

De milieu-impact is bepaald op basis van de levenscyclus van aanwezige materialen. Hierbij worden verschillende fases binnen de levensduur in verschillende mate meegenomen in de berekening:

- de *productiefase* (grondstofwinning, transport naar producent, productieprocessen) en de *fase van sloop- en verwerking* worden volledig meegenomen in de berekeningen;
- de *transport en installatiefase* wordt in beperkte mate meegenomen;
- de *gebruiksfase* wordt buiten beschouwing gelaten. Deze is in sommige gevallen (bijvoorbeeld rwzi's en gemalen) zeer relevant, maar de broeikasgasemissies in de gebruiksfase wordt door de waterschappen in de Klimaatmonitor grondstof- en energiestromen al in kaart gebracht.

13 Klimaatverandering, Aantasting ozonlaag, Verzuring, Eutrofiering (vermesting), uitputting abiotische middelen - elementen, uitputting abiotische middelen - fossiele brandstoffen, Menselijke toxiciteit, Zoetwater ecotoxiciteit, Marine ecotxociteit, Terrestrische ecotoxiciteit, Smog vorming.

4

RESULTATEN

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste resultaten gepresenteerd voor de waterschappen, gemiddeld en per objectcategorie. Vanuit circulariteit zijn dit de massa van materiaalvoorraden, herkomst en bestemming van het materiaal. Daarnaast wordt de milieu-impact uitgedrukt in MKI en de bijdrage aan klimaatverandering uitgedrukt in CO_2-equivalenten. Een kwalitatieve beschrijving van leveringszekerheid van materialen en zorgwekkende stoffen is aansluitend beschreven. Voor specifieke resultaten per waterschap zijn separaat factsheets opgesteld.

Gezien de relatief grote materiaalvoorraad in de categorie waterveiligheid zijn de resultaten inclusief en exclusief waterveiligheid weergegeven. Hieronder vallen de primaire en regionale waterkeringen (dijken).

4.1 TOTALE MATERIAALVOORRAAD

De totale massa van assets in beheer van de zes deelnemende waterschappen bedraagt circa 164 megaton (Mt) ofwel 164 miljard kilogram materialen. Ter indicatie; dit is in orde grootte vergelijkbaar met alle jaarlijkse materiaalstromen (400 Mt) in Nederland die plaatsvinden door import en winning[14], die voor meer dan 20% (80 Mt) uit bouwmaterialen zoals zand & grind, ijzer & staal en overige mineralen bestaat.

Een groot aandeel (ca. 98%, 161 Mt) van de materialen die zich in het areaal van de zes waterschappen bevinden bestaat uit klei en zand dat zich voornamelijk in de categorie waterveiligheid bevindt. De overige 2% (2,8 Mt) van de materialen bestaat voornamelijk uit beton (ca. 77%, 2,2 Mt) en staal (ca. 12%, 0,3 Mt).

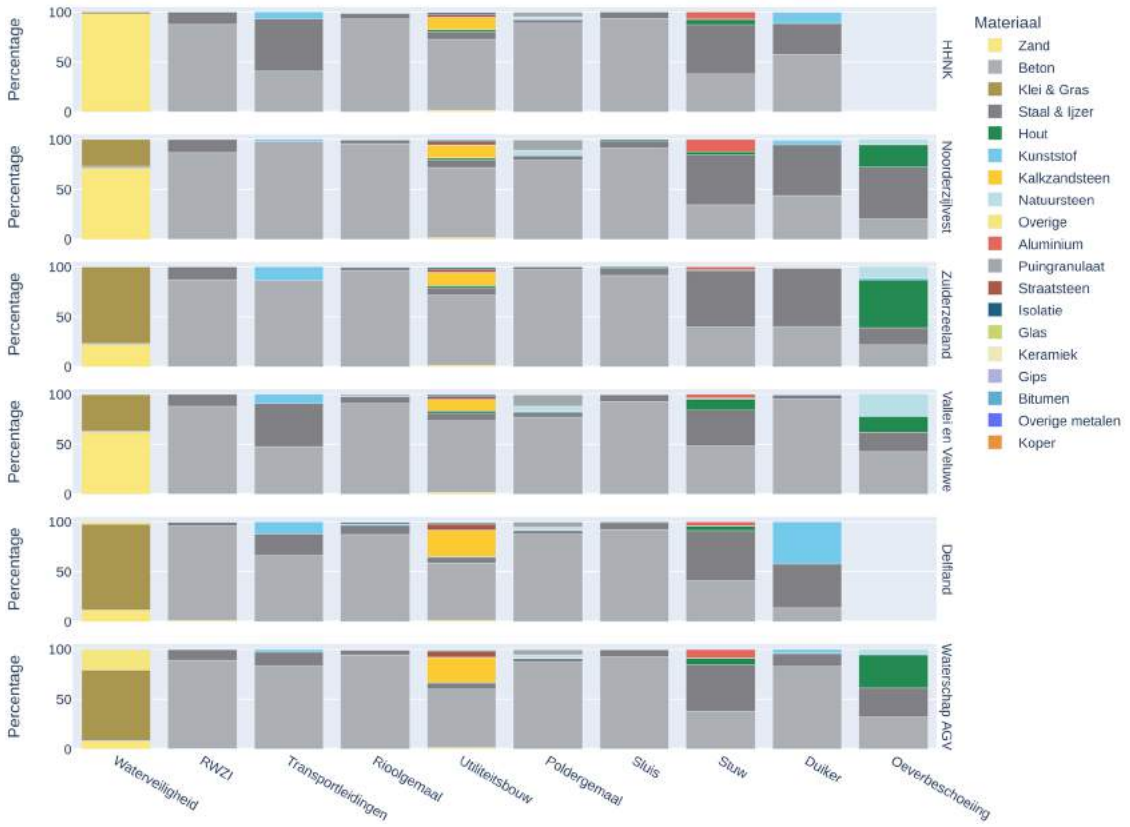
4.1.1 GEMIDDELD WATERSCHAP

Gemiddeld heeft een betrokken waterschap een materiaalvoorraad van circa 27 Mt (0,5 Mt exclusief waterveiligheid). Ervan uitgaande dat de 6 deelnemende waterschappen representatief zijn voor de overige 15 waterschappen in Nederland dan kan de totale massa in het areaal van de 21 waterschappen samen op meer dan 570 Mt (0,6 Gt) worden geschat of 10 Mt exclusief waterkeringen. De totale massa van alle 21 waterschappen van 0,6 Gt t komt neer op meer dan het zevenvoudige van de jaarlijkse import en winning van bouwmaterialen (80 Mt) in Nederland.

Afbeelding 4.1 toont de verdeling materialen per asset categorie (x-as) voor de verschillende waterschappen (rechter y-as).

14 Hanemaaijer, A. et al. (2021), Mogelijke doelen voor een circulaire economie, Den Haag: PBL

AFBEELDING 4.1 MATERIAALVOORRADEN RELATIEF PER WATERSCHAP EN OBJECTCATEGORIE



4.1.2 SAMENSTELLING MATERIAALVOORRAAD

Het areaal van de 6 waterschappen is opgebouwd over lange tijd (eeuwen[15]). Dit geldt met name voor de circa 158 Mt klei en zand in de categorie waterveiligheid dat het grootste aandeel massa binnen het areaal vertegenwoordigt. De primaire en regionale waterkeringen (dijken) bevatten voor een groot deel lokale materialen die niet weggehaald zullen worden, maar wel aangevuld voor onderhoud en versterkingen de komende jaren. Het overige areaal (naast waterveiligheid) zal opgebouwd zijn in de afgelopen decennia. Het aandeel beton (circa 1,3 % van het gehele areaal, 2,2 Mt) vertegenwoordigt behalve bij waterveiligheid het grootste aandeel in alle andere asset categorieën. Hoewel staal en ijzer slechts iets meer dan 0,2 % (0,3 Mt) van het totale areaal vertegenwoordigen, komt dit neer op 1,25 % van de jaarlijkse Nederlandse import en productie (circa 24 Mt) [16].

Overige materialen zijn onder te verdelen als steenachtigen (onder andere zandsteen, baksteen, keramiek), kunststoffen, hout, overige metalen.

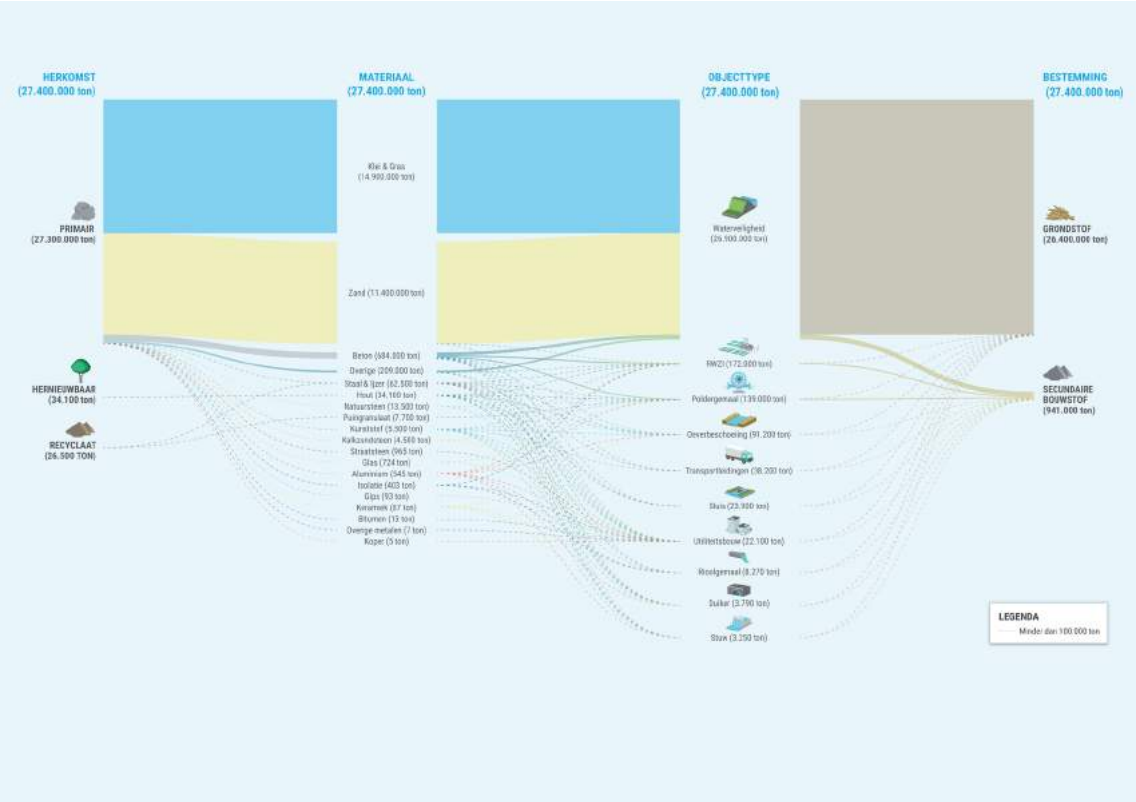
CIRCULAIRE INDICATOREN

Voor het areaal van de 6 waterschappen is vastgesteld dat circa 0,14 Mt hernieuwbaar of biotisch materiaal wordt toegepast (hout).

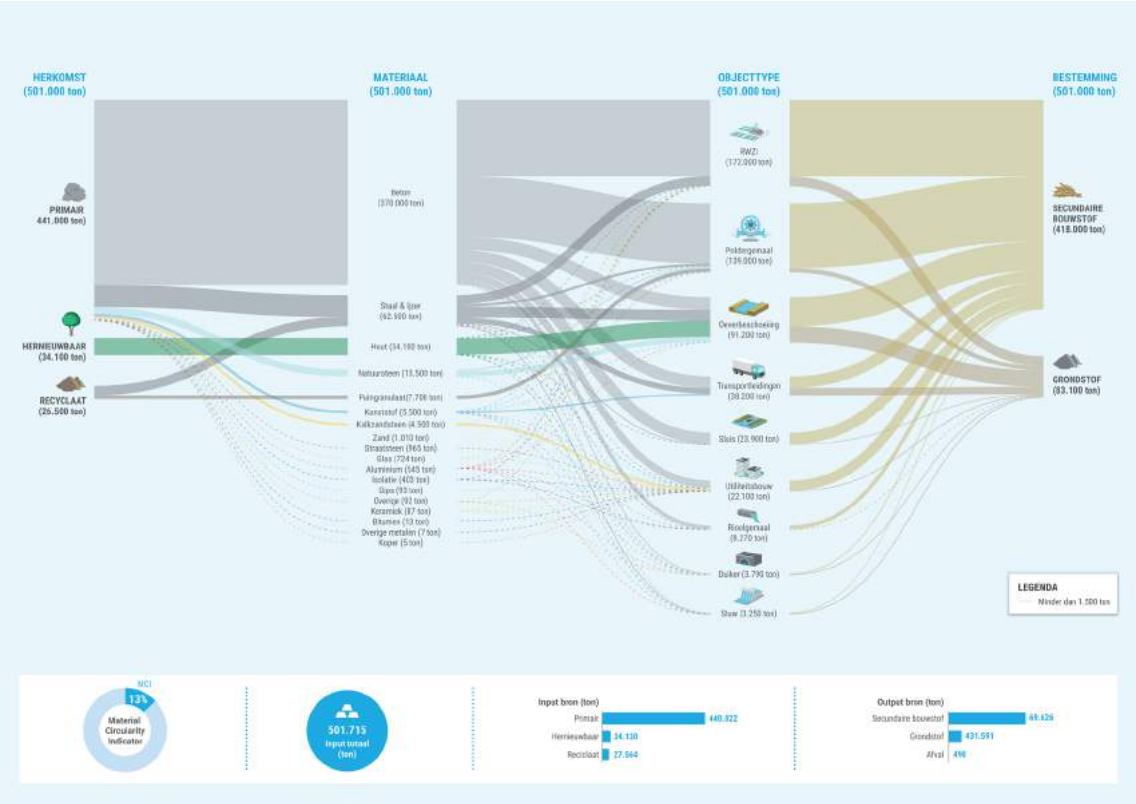
De toepassing van circa 2,2 Mt beton bestaat vrijwel geheel uit primair materiaal, omdat het toepassen van betonaggregaat als vervanging voor grind pas sinds het afgelopen decennium wordt toegepast. Het cement (circa 13,5 %) dat zich in beton bevindt is waarschijnlijk wel grotendeels (0-70 %[17]) afkomstig uit de staalindustrie als bijproduct (hoogovencement). Daarmee is er 0-0,2 Mt hoogovencement in het beton aanwezig.

15 Het eerste officiële waterschap was het hoogheemraadschap van Rijnland, dat in 1255 werd opgericht.
16 Hanemaaijer, A. et al. (2021), Mogelijke doelen voor een circulaire economie, Den Haag: PBL
17 Nibe. 2021. CB'23 dataset voor kernmethode circulariteit

AFBEELDING 4.2 MATERIAALSTROOMSCHEMA (SANKEY DIAGRAM) VOOR DE 6 WATERSCHAPPEN INCLUSIEF WATERVEILIGHEID



AFBEELDING 4.3 MATERIAALSTROOMSCHEMA (SANKEY DIAGRAM) VOOR DE 6 WATERSCHAPPEN EXCLUSIEF WATERVEILIGHEID



Exclusief waterveiligheid
Gezien de grote bijdrage van waterveiligheid aan de totale materiaalstromen is het inzicht in overige materiaalstromen beperkt. Daarom is in afbeelding 4.3 het materiaalstroomschema zonder waterveiligheid weergegeven.

Als zand en klei buiten beschouwing worden gelaten bestaat het areaal van de waterschappen uit 5 % hernieuwbaar, 1,8-3,5 % (15-30 %R) recyclaat en 96,5-98 % primair materiaal. Indien de 6 waterschappen representatief zijn voor de overige waterschappen dan kan gesteld worden dat er in totaal bij Nederlandse waterschappen in de assets (exclusief waterveiligheid) circa 0,8 Mt hernieuwbare materialen in het areaal aanwezig zijn, circa 0,3-0,6 Mt gerecycled ijzer en staal en circa 28 Mt primair materiaal.

Zonder de categorie waterveiligheid is de MCI 13 %, wat het resultaat is van met name grote hoeveelheden beton die als primair materiaal aan de input en secundaire bouwstof aan de output worden gerekend. De toepassing van beton zit met name in rwzi's en poldergemalen.

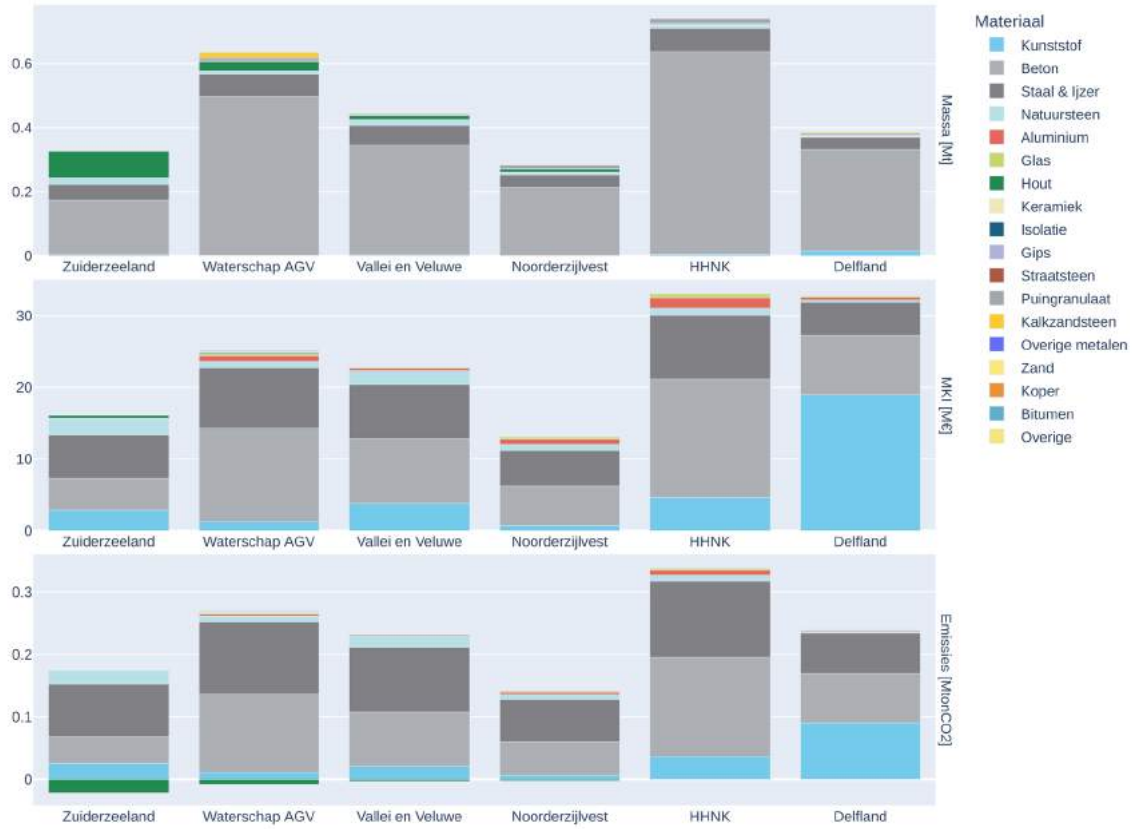
Hoewel er relatief weinig materiaal als afval wordt beschouwd bij einde levensduur, zorgt met name de grote hoeveelheid primair materiaal voor een verlaging van de MCI.

4.2 MILIEUEFFECTEN

De totale ingebedde milieu-impact van de huidige materiaalvoorraad in assets (inclusief waterveiligheid) is 822 mln EUR MKI, waarvan 7,2 Mt CO_2-eq voor de zes waterschappen. Gemiddeld per waterschap is dit 137 mln EUR MKI, waarvan 1,2 Mt CO_2-eq.

Afbeelding 4.4 presenteert de verdeling van materialen per asset categorie (exclusief waterveiligheid) over de zes waterschappen. Daarnaast zijn MKI en CO_2-eq weergegeven die inzicht in de milieu- en klimaatimpact geven. Opvallend is hier dat materialen met een kleine relatieve massa zoals kunststof, aluminium et cetera wel een grote bijdrage aan de milieu- en klimaatimpact leveren door een hoge MKI of CO_2-eq waarde per ton materiaal. Daarnaast toont het verschil tussen MKI en CO_2-eq de invloed van andere milieueffecten in de MKI. Ten slotte is voor hout opmerkelijk dat het een negatieve CO_2-eq impact heeft, wat een gevolg is van de vastlegging van CO_2 in het materiaal en energieterugwinning bij verbranding van afvalhout.

AFBEELDING 4.4 TOTAAL MASSA (MT), MKI (MEUR) EN CO_2-EQ (MTON) PER OBJECTTYPE



4.2.1 KLIMAATVERANDERING GEBRUIKSFASE

Naast de ingebedde milieu-impact, is een groot deel van de milieu-impact afkomstig uit operationele- of gebruiksfase. Hierbij gaat het om vervoer, huisvesting, watersysteem (energie), zuiveringsbeheer (energie en hulpstoffen). Om een beeld te geven van de verhouding van de ingebedde milieueffecten vanuit aanleg en beheer van het areaal versus operationele- of gebruiksfase is gebruik gemaakt van het klimaatmonitor waterschappen jaarverslag 2020[18]. Hierin is voor verschillende waterschappen bepaald wat de operationele broeikasgasemissies zijn. Hiervoor is op dit moment nog niet de MKI bepaald, waardoor enkel het effect op klimaatverandering kan worden beschouwd.

Afbeelding 4.5 laat de broeikasgasemissies voor alle waterschappen zien. Er is een sterk onderscheid aanwezig tussen waterschappen die volledig groene energie inkopen en waterschappen die een (gedeeltelijk) grijze energiemix gebruiken. Ten opzichte van 2019 zijn broeikasgasemissies gemiddeld met 23% afgenomen als gevolg van een hoger aandeel groene energie (klimaatmonitor, 2020).

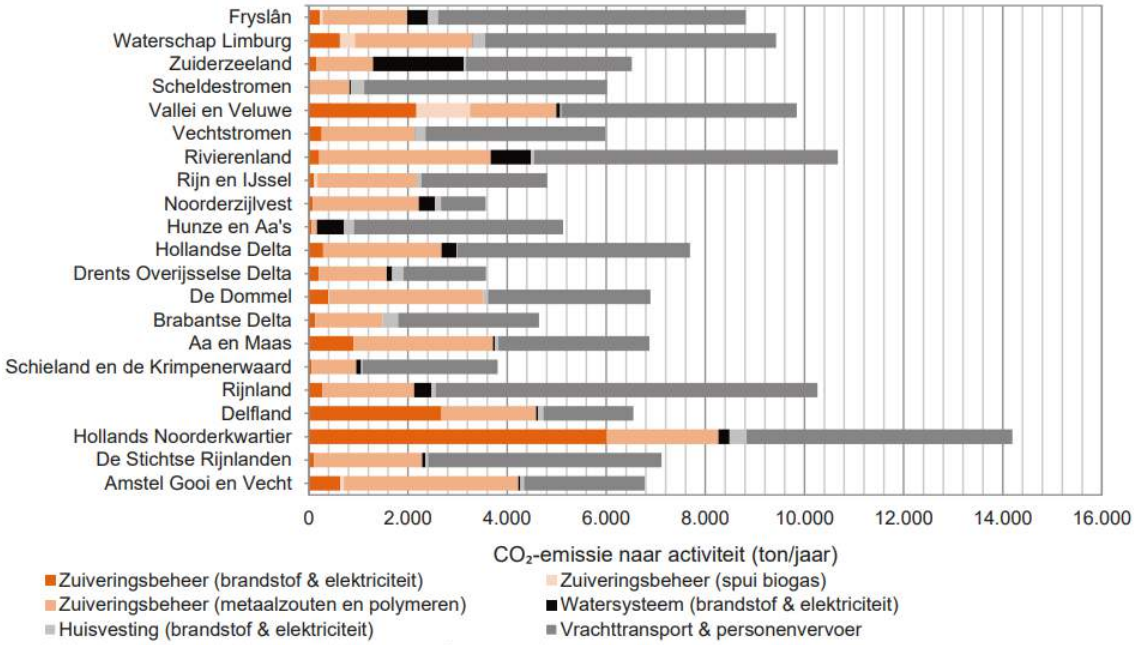
Een groot deel van de huidige broeikasgasemissies komen uit zuiveringsbeheer (waterketen). Daarbij worden de kort-cyclische procesemissies[19] niet meegenomen. Daarnaast is bij de helft van de waterschappen het vrachttransport en personenvervoer meer dan 50% van de CO_2-impact uit operationele fase.

18 Deze getallen zijn vertekend zijn in relatie tot scope 1/2 en 3 en in relatie tot emissies van lachgas en methaan (deze zijn nog niet in beeld). De klimaatmonitor zit op het moment van schrijven in een overgang van rekenmethode voor deze emissies.

19 Koolstofdioxide van biogene oorsprong wordt doorgaans niet in de CO_2-voetafdruk opgenomen, omdat het niet bijdraagt aan het broeikaseffect (niet van minerale oorsprong).

Beschouwing van biogene broeikasgassen en de inkoop van groene energie wordt op het moment van schrijven aangepast in de Klimaatmonitor. In sommige gevallen kan dit leiden tot een veelvoud huidige gebruiksfase emissies. De resultaten in deze paragraaf dienen daarom zorgvuldig geïnterpreteerd te worden.

AFBEELDING 4.5 **CO_2-EMISSIES WATERSCHAPPEN. BRON: KLIMAATMONITOR WATERSCHAPPEN JAARVERSLAG 2020[20]**



Voor de waterschappen die hebben deelgenomen aan dit onderzoek is de operationele bijdrage aan klimaatverandering en ingebedde bijdrage in assets (exclusief waterveiligheid) weergegeven in tabel 4.1. De resultaten laten zien dat de jaarlijkse broeikasgasemissies door vervangingen in het areaal in dezelfde orde-grootte liggen als operationele emissies uit de klimaatmonitor. Gemiddeld is de operationele emissie 73 % hoger dan de emissie uit vervanging van assets (exclusief waterveiligheid). Echter lopen de verhoudingen uiteen van +11 % tot +134 %. Deze inschattingen gaan uit van grove aannames op levensduur, houden geen rekening met de samenstelling van de voorraad en gaan uit van een gelijkblijvende voorraad doordat het enkel vervangingen meeneemt. Ook tussen de verschillende assetstype zal deze verhouding sterk uiteenlopen. Bij rwzi's is bijvoorbeeld het aandeel operationele CO_2-emissies aanzienlijk groter dan de ingebedde CO_2-emissies van materiaalgebruik.

20 Activiteiten worden als volgt beschreven:

Zuiveringsbeheer (brandstof en elektriciteit)	-	emissies door verbranding brandstof en ingekochte elektriciteit
Zuiveringsbeheer (metaalzouten en polymeren)	-	ingebedde emissies in proces chemicaliën
Zuiveringsbeheer (spui biogas)	-	emissies door biogas (methaan) verliezen
Huisvesting (brandstof en elektriciteit)	-	emissies door verbranding brandstof en ingekochte elektriciteit
Watersysteem (brandstof en elektriciteit)	-	emissies door verbranding brandstof en ingekochte elektriciteit
Vrachttransport en personenvervoer	-	emissies door eigen en uitbesteed transport en vervoer

TABEL 4.1 BIJDRAGE AAN KLIMAATVERANDERING INGEBED IN ASSETS EN OPERATIONEEL (EXCLUSIEF OPHOGEN WATERKERINGEN/DIJKEN)

Waterschap	Ingebedde CO_2-impact [ton CO_2-eq]	Ingebedde CO_2-impact [ton CO_2-eq/jaar]	Operationele CO_2-impact [ton CO_2-eq/jaar]	Operationele CO_2-impact relatief t.o.v. ingebed/jaar [%]
Noorderzijlvest	140.200	3.200	3.600	111
Waterschap AGV	263.600	5.900	6.800	116
Hollands Noorderkwartier[21]	338.900	6.100	14.200	234
Vallei & Veluwe	231.000	4.800	9.800	204
Zuiderzeeland	153.500	4.100	6.300	155
Delfland[21]	241.400	3.300	6.500	196
totaal	1.368.700	27.300	47.200	173
gemiddeld	228.100	4.600	7.900	173

De berekeningen voor het bepalen van jaarlijkse ingebedde CO_2-impact zijn gebaseerd op de areaaldata en aannames voor levensduur per object ('top-down') zoals beschreven in tabel 4.2. Hierbij wordt geen rekening gehouden met opbouw van de voorraad over de jaren of planmatige vervanging.
Middels 'bottom-up' benadering is een vergelijkbaar resultaat gereproduceerd. In de 'bottom up' benadering is de berekening gebaseerd op vervangingen ingeschat door HHNK voor eigen areaal.
De uitwerking van deze validatie is opgenomen in de achtergrondrapportage rekenmethodiek.

TABEL 4.2 AANNAMES LEVENSDUUR PER OBJECT

Object	Levensduur [jaar]
Duiker	50
Oeverbeschoeiing	30
Poldergemaal	50
RWZI	50
Rioolgemaal	50
Sluis	50
Stuw	50
Transportleidingen	100
Utiliteitsbouw	50

WATERVEILIGHEID

Primaire en regionale waterkeringen (dijken) worden niet zoals de overige assets vervangen, maar zullen in veel gevallen enkel opgehoogd/versterkt worden. De benadering van vervanging bij einde levensduur gaat hierbij dus niet op. Met inschattingen van HHNK over ophoging van waterkeringen in het areaal en materialisaties uit de materiaalvoorraad berekening is ingeschat dat circa 40 kt klei, 470 kt zand en 343 kt grond jaarlijks nodig is voor ophoging/versterking van dijken in het areaal van HHNK. Dit resulteert in
EUR 2,4 miljoen MKI en 21.000 ton CO_2-eq.

Dit heeft tot gevolg dat de jaarlijkse ingebedde CO_2-impact in plaats van de helft kleiner dan operationele CO_2-impact, de helft groter wordt. HHNK is beperkt representatief voor andere waterschappen maar deze inschattingen ondersteunen nogmaals het inzicht dat in orde-grootte de jaarlijkse ingebedde CO_2-impact gelijk is aan de operationele CO_2-impact op jaarbasis.

21 Voor Delfland en HHNK is geen beschoeiing meegenomen, doordat hier geen areaaldata voor bekend is. Voor een gemiddeld waterschap bedraagt dit circa 2.900 ton CO_2-eq/jaar.

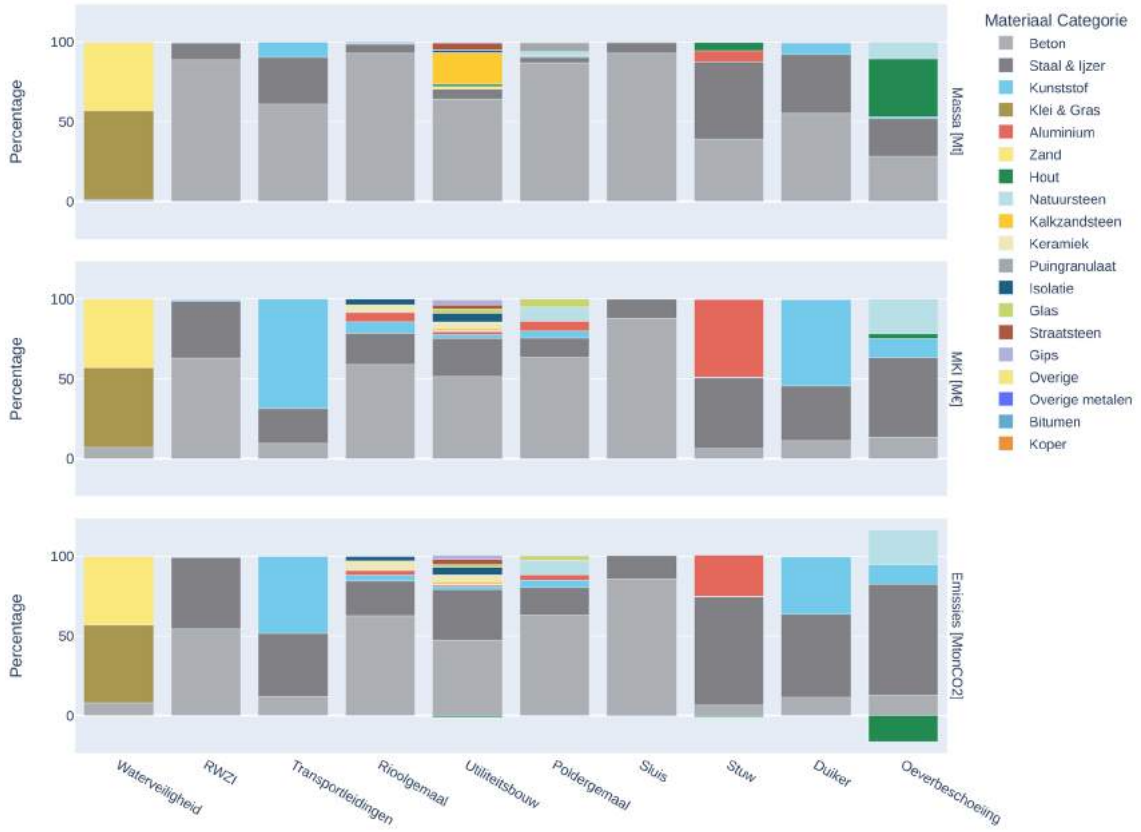
4.3 RESULTATEN PER OBJECTTYPE

Deze paragraaf geeft inzicht in de karakteristieken, aandeel materiaalsamenstellingen en ingebedde milieu-impact per asset categorie. Hierbij zijn opvallende aspecten, zoals grote verschillen tussen waterschappen toegelicht.

In afbeelding 4.6 zijn de resultaten per objecttype relatief weergegeven. Voor de zes waterschappen samen is een massa van 0,4 Mt oeverbeschoeiingen, 1 Mt rwzi's, 0,8 Mt poldergemalen, 0,2 Mt transportleidingen, 0,1 Mt sluizen, 0,1 Mt utiliteitsbouw, 0,02 Mt stuwen, 0,05 Mt rioolgemalen en 0,02 Mt duikers aanwezig in het areaal. Voor een gemiddeld waterschap komt dit neer op circa 91 kt oeverbeschoeiingen, 172 kt rwzi's, 139 kt poldergemalen, 38 kt transportleidingen, 24 kt sluizen, 22 kt utiliteitsbouw, 3 kt stuwen, 8 kt rioolgemalen en 4 kt duikers in het areaal.

Deze objecten bestaan uit diverse materialen, waarvan grotendeels beton en staal en ijzer. Transportleidingen en duikers bevatten daarnaast enkele tientallen procenten kunststof. Dit aandeel is in de milieueffecten groter, doordat de ingebedde milieu-impact van kunststoffen relatief gezien groter is. In Utiliteitsbouw is daarnaast een significant aandeel kalkzandsteen aanwezig, wat in mindere mate effect heeft op de milieu- en klimaatimpact. Ten slotte is in oeverbeschoeiingen een significant aandeel hout aanwezig, wat in de bijdrage klimaatverandering voor opname van CO_2 (negatieve emissies) zorgt.

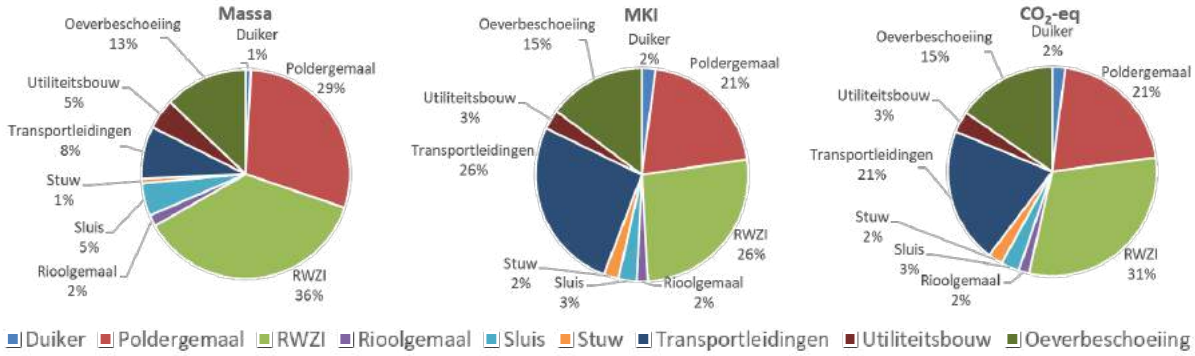
AFBEELDING 4.6 **RELATIEVE MASSA (MT), BIJDRAGE AAN KLIMAATVERANDERING (MTON CO2-EQ) EN MKI (MEUR) PER OBJECTTYPE**



Afbeelding 4.7 geeft per indicator (Massa, MKI en CO_2-eq) de relatieve bijdrage in het areaal van de waterschappen. Dit is een gemiddelde en kan daarmee per waterschap verschillen. De specifieke resultaten per waterschap zijn beschreven in separate factsheets.

Rwzi's zijn met 36 % het grootste aandeel in massa van het areaal. Voor invloedrijke maatregelen zou dus als eerst naar deze objectcategorie gekeken kunnen worden. Voor CO_2-eq en MKI is dit respectievelijk 26 % en 31 %. Poldergemalen hebben daarna het grootste aandeel massa met 29% en een aandeel van 21% voor zowel MKI als CO_2-eq. Hoewel slechts 8 % van de massa zich in transportleidingen bevindt, is de CO_2-eq en MKI 21 % en 26 % respectievelijk. Dit is het resultaat van grotere aandelen kunststof en staal in transportleidingen (in hoofdstuk 7 wordt dit nader toegelicht). Hetzelfde geldt voor duikers waar slechts 1% van de massa in het areaal zich bevindt en respectievelijk 2 % en 2 % CO_2-eq en MKI. Voor maatregelen om milieu- en klimaatimpact te verlagen liggen hier dus kansen.

AFBEELDING 4.7 RELATIEVE MASSA, CO2-EQ EN MKI VOOR EEN GEMIDDELD WATERSCHAP



GEVOELIGHEID

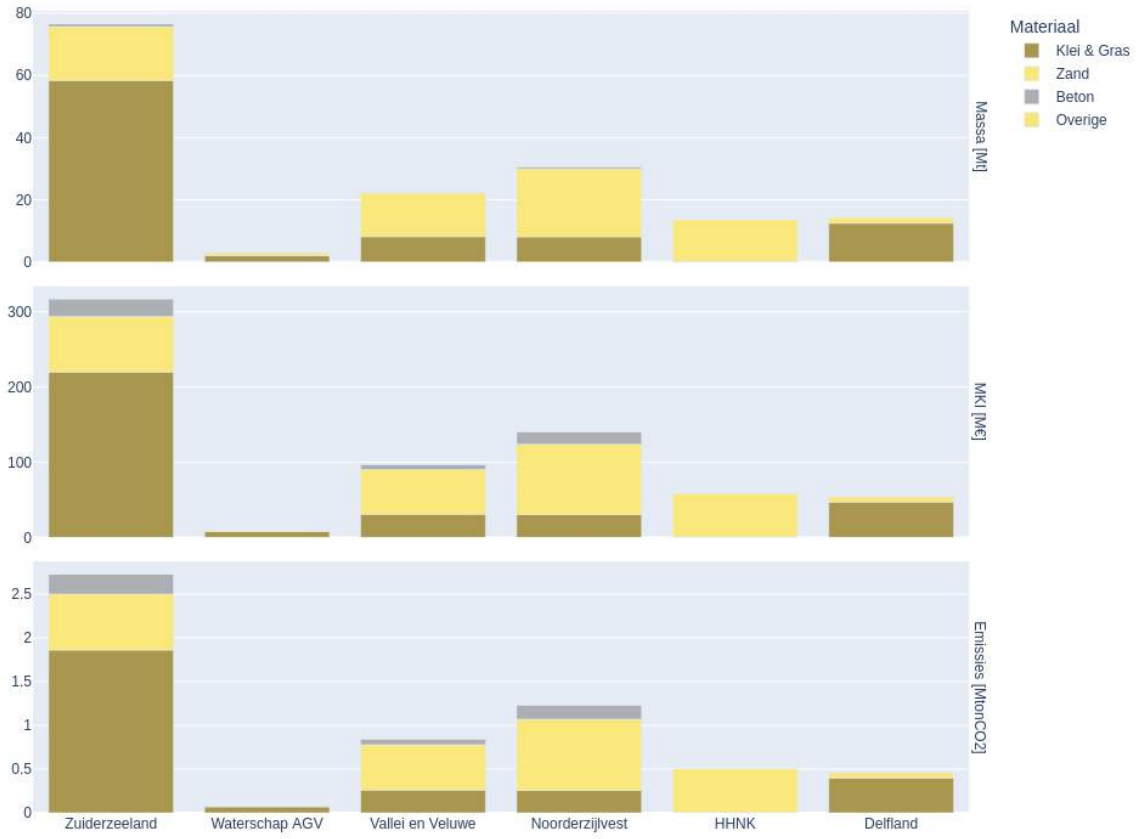
Deze resultaten bevatten verschillende aannames en vereenvoudigingen. Dit heeft als gevolg dat er en marge van onzekerheid meegenomen moet worden. In het hoofdstuk 7 Discussie wordt dit aspect verder toegelicht.

4.3.1 WATERVEILIGHEID

Waterveiligheid is in massa veruit de grootste categorie door de grote hoeveelheden zand en klei in waterkeringen. Afbeelding 4.8 laat zien dat met name bij Zuiderzeeland zeer grote hoeveelheden klei en zand in waterkeringen (dijken) bevindt. Dit verschil is te verklaren door de lage ligging van Flevoland. Hierdoor zijn veel primaire keringen nodig die daarnaast relatief door de lage ligging groter zijn dan gebruikelijk voor andere waterschappen.

Hoewel Delfland en AGV de grootste lengtes aan waterkering (dijken) in het areaal hebben, is door het aandeel regionale waterkeringen de massa en daarmee milieu- en klimaatimpact lager dan de andere waterschappen, waar zich meer primaire waterkeringen in het areaal bevinden.

AFBEELDING 4.8 WATERVEILIGHEID, ABSOLUTE MASSA (MT), MKI (MEUR) EN BIJDRAGE KLIMAATVERANDERING (MTON CO2-EQ) PER WATERSCHAP



4.4 LEVERINGSZEKERHEID

Leveringsrisico is een van de sociaaleconomische aspecten van een circulaire economie. Als eerste stap om hier aandacht aan te geven is een kwalitatieve beschouwing gemaakt van de leveringszekerheid van grondstoffen in assets van waterschappen.

De grondstoffen en materialen in assets worden deels binnen het beheersgebied, regio en/of de landsgrenzen gewonnen of geproduceerd en deels geïmporteerd. Voor sommige van deze materialen, zoals ophoogzand, is Nederland volledig zelfvoorzienend[22]. Echter, voor veel andere materialen is Nederland in verschillende mate afhankelijk van andere landen, wat risico's voor de leveringszekerheid teweeg kan brengen.

Wat betreft leveringszekerheid van grondstoffen en bouwmaterialen kan onderscheid worden gemaakt tussen importafhankelijkheid, technische schaarste, sociaaleconomische schaarste[23] en geopolitieke schaarste[24]. Dit wordt bepaald door factoren als het economisch belang, de winbare voorraad en leveringszekerheid of de mate van schaarste van een grondstof of bouwmateriaal. Maar ook spelen zaken als het aantal productielocaties, het ontbreken van geschikte alternatieven en geopolitieke invloeden een rol. Platform CB'23, een samenwerking tussen overheid en bedrijfsleven t.b.v. de circulaire bouweconomie, hanteert hiervoor de volgende definities:

- technische schaarste: schaarste met betrekking tot de voorraadgrootte en winbaarheid van een grondstof of materiaal;

22 CLO (2018) - Winning en verbruik van oppervlaktedelfstoffen 2000-2016.
23 Ministerie I&W (2018) - Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2019-2023.
24 Denk aan protectionisme, nationalisme.

- socio-economische schaarste: schaarste op basis van economisch belang en leveringszekerheid;
- kritiek materiaal: materiaal met een groot economisch belang en een lage leveringszekerheid.

Vanuit de waterschappen zijn klei, zand (en grind), beton, staal en ijzer de meest voorkomende materialen. De leveringszekerheid van deze materialen is niet direct aangemerkt als risicovol. Echter zijn vanuit het perspectief van leveringszekerheid per materiaal nog enkele opmerkingen te plaatsen.

ZAND EN GRIND

Zand en grind behoren tot de grootste massastromen en vormen een groot aandeel van de totale materiaalmassa binnen de waterschappen. Zand wordt voor verscheidene toepassingen gebruikt, zoals ophoogzand en beton- en metselzand. De korrelkarakteristieken van zand- en grindtypen bepalen in grote mate de geschiktheid per toepassing, welke grofweg bestaan uit ophoogzand, draineerzand en zandbedzand. Nederland beschikt over grote voorraden zand en kan voorlopig voorzien in de eigen behoefte aan ophoogzand[25] en exporteert fijn zand[26]. Binnen Nederland wordt fijn zand veelal gewonnen in de kustwateren. Grof zand, benodigd voor drainage en zandbed doeleinden, wordt veelal gewonnen uit rivieren. Nederland is voor grof zand gedeeltelijk afhankelijk van import[27]. Verder kent de vraag naar zand significante schommelingen, waardoor zich (tijdelijke) leveringsrisico's kunnen voordoen. Op de lange termijn komt er een eind aan de voorraad uit de huidige winprojecten en zullen nieuwe locaties moeten worden aangewezen[26]. Wat betreft grind is Nederland veelal afhankelijk van import uit Duitsland, België en Engeland. Nederlandse grindconsumptie overstijgt de binnenlandse productie meer dan tweemaal[28]. Dit zou kunnen leiden tot kortdurende leveringsrisico's op de middellange-termijn.

Gezien de grote volumes zand en grind binnen de systeemgrenzen en gelet op de ambitie om de primaire materiaalbehoefte te halveren tot aan 2030, zullen zand- en grindtoepassingen een grote rol gaan spelen en de haalbaarheid van dit duurzaamheidsdoel sterk beïnvloeden. Voor toekomstige projecten dragen het lokaal sluiten van de grondbalans - ook gelet op het type zand en grind - en het minimaliseren van menging van zandfracties voor verschillende doeleinden tijdens grondwerkzaamheden hier positief aan bij. Verder kunnen zandwinningsmogelijkheden worden meegenomen in de bepaling voor bestemmingplannen op de lange termijn, bij bijvoorbeeld rivierverruimingsprojecten of waar kunstmatige oeverbeschoeiing plaats maakt voor natuurlijke oevers.

KLEI

Klei is een veelgebruikt materiaal binnen de waterschappen en vervult door lage waterdoorlatendheid een belangrijke functie voor waterkeringen. Tot 2016 kon Nederland voorzien in de eigenbehoefte van klei[28]. Klei wordt vaak gewonnen als bijproduct van zand- en grindwinning of bij projecten rondom Ruimte voor de Rivier[29]. Echter is de Nederlandse consumptie van

25 CLO (2018) - Winning en verbruik van oppervlaktedelfstoffen 2000-2016.

26 CBS (sept. 2021) - Binnenlandse winning, import en export van zand, grind en ophoogzand. *Website, URL: https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83180NED/table?ts=1631095626074.*

27 LBP Sight (2018) - Perspectief op Schaarste.

28 CLO (2018) - Winning en verbruik van oppervlaktedelfstoffen 2000-2016.

29 Halter, W., Groenouwe I., Tonneijck, M. & d'Angremond, K. (2018) - Handboek dijkenbouw: uitvoering versterking en nieuwbouw

klei sinds 2016 nagenoeg verdubbeld en besloeg deze >5 mln ton in 2019[30]. Ondanks dat de binnenlandse winning een lichte toename heeft gezien, werd de extra kleibehoefte grotendeels opgelost door meer te importeren. Daarbij is het Ruimte voor de Rivier project sinds 2019 officieel afgesloten, waarmee een grote bron van kleiproductie kwam te vervallen. De extra afhankelijkheid van klei-import brengt op de korte termijn geen directe leveringsrisico's met zich mee omdat binnen Nederland en directe buurlanden van technische schaarste geen sprake is. Op de middellange termijn kan dit wel meer relevant worden, aangezien dijkenklei van zeer hoge kwaliteit voorgeschreven is (erosieklasse 1). Als deze hoge kwaliteitseisen leidend zijn kunnen ze mogelijk leiden tot tijdelijke leveringsrisico's.

Circulaire toepassingen van klei worden reeds uitgevoerd, zo wordt bijvoorbeeld bij verlegging van een dijk het oorspronkelijk materiaal vaak hergebruikt[1,3]. Daarentegen vereist dijkonderhoud een constante aanvoer van primaire dijkenklei door indikking of zetting van de ondergrond. Bij dijkonderhoud komt vaak geen materiaal vrij en ontkomt men er dus niet aan extra klei aan te voeren. Net als zand en grind, zal de toepassing van klei van grote invloed zijn op de doelstelling om het primaire grondstofgebruik met 50 % te reduceren in 2030. Hierbij moet echter vermeld worden dat doelstellingen op massa grondstofgebruik niet direct leiden tot vergelijkbare resultaten op milieu-impact, zoals eerder beschreven in paragraaf 4.1. Mogelijkheden om de leveringszekerheid van klei te verbeteren betreffen studies naar het toepassen van klei met lagere erosieklassen en het opschalen van de binnenlandse productie buiten het Ruimte voor de Rivier project om.

Een voorbeeld van een recent onderzoek is de meegroeidijk, waarbij wordt onderzocht wat de effecten zijn van de toepassing van lokaal gewonnen en gerijpt slib ten behoeve van dijkophoging.

Voor zowel klei, zand en grind geldt dat integraal dijkontwerp de circulariteit van grondgebruik kan verbeteren. Hierbij wordt op basis van beschikbare grond een dijkontwerp gezocht, in plaats van geschikte grond te vinden voor een vooraf opgesteld dijkontwerp. Het aanwezige materiaal wordt dan als uitgangspunt voor het ontwerp gebruikt.

BETON

Naast zand, grind en klei is beton een veelgebruikt bouwmateriaal. Beton komt binnen het areaal van de waterschappen voornamelijk voor binnen kunstwerken en gebouwen. Beton is opgebouwd uit vulstoffen (zand en grind) en bindmiddel (cement). Voor elk van deze materialen kunnen leveringsrisico's worden geïdentificeerd. Zoals eerder in dit hoofdstuk al is beschreven is Nederland voor betonzand en grind namelijk gedeeltelijk afhankelijk van import. Verder kent Nederland 1 enkele cementproducent, namelijk de ENCI[31], welke nog 2 productielocaties exploiteert in Rotterdam en IJmuiden. Cement kan grofweg worden ingedeeld in 5 cementklassen: CEM I - CEM V. In Nederland wordt veelal CEM III hoogovencement toegepast (55-66 %) en in mindere mate CEM I portlandcement (30-35 %) en CEM II portlandvliegascement (5-10 %)[32]. Hoogovencement wordt geproduceerd in Nederland, waarbij gebruik wordt gemaakt van staalslakken afkomstig van de staalindustrie. Dit leidt tot op heden nog niet tot directe leveringsrisico's, maar eventuele veranderingen of aanpassingen in staalproductieprocessen kunnen op de middellange termijn wel de leveringszekerheid van grondstoffen voor cementproductie beïnvloeden. De Nederlandse staalpro-

30 CBS (sept. 2021) - Binnenlandse winning, import en export van klei en porseleinaarde. *Website, URL: https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83180NED/table?ts=1631095626074.*

31 Eerste Nederlandse Cement Industrie.

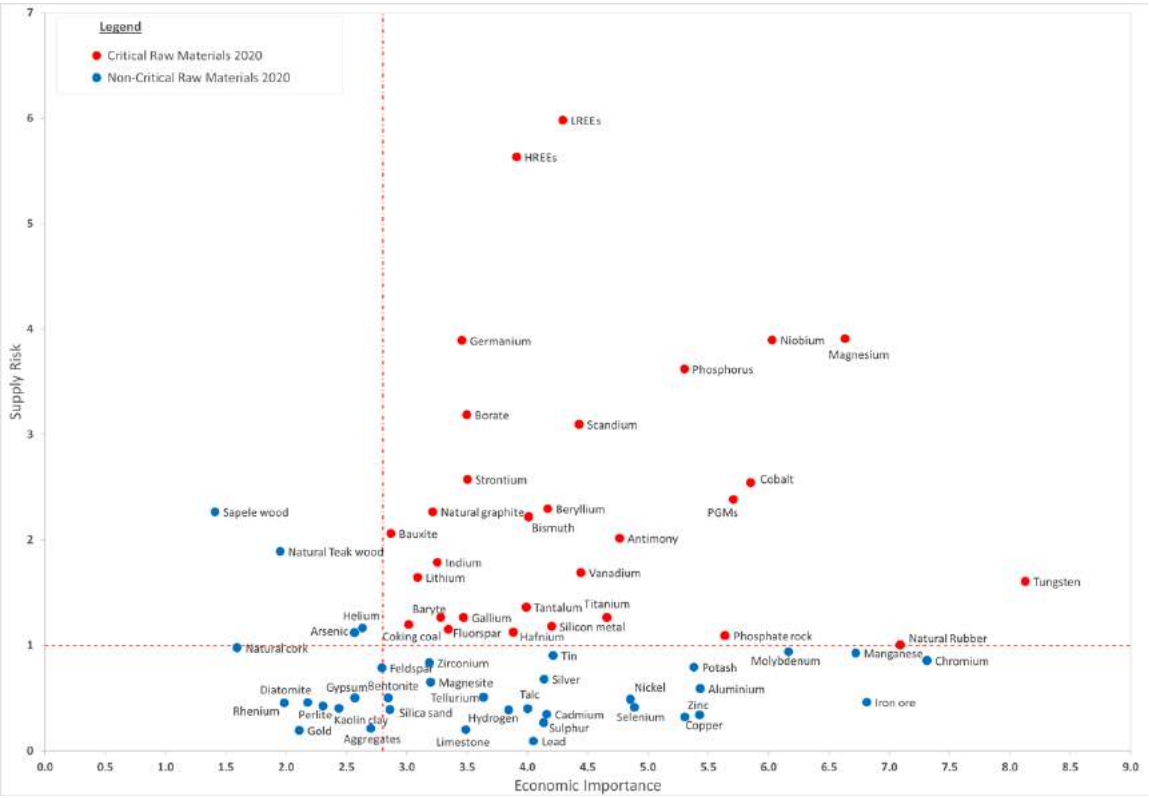
32 https://betonhuis.nl/cement/cementmarkt-nederland.

ductie is al langere tijd onderdeel van de maatschappelijke discussie rondom het reduceren van broeikasgasemissies en voorstellen voor versnelde aanpassing van het productieproces zijn ter sprake[33,34,35]. Een reductie van binnenlandse hoogovencementproductie kan ertoe leiden dat de afhankelijkheid van import toeneemt, waardoor zich al op middelkorte termijn (5-10 jaar) leveringsrisico's voor kunnen doen. Voor portlandcement (CEM II en CEM III) en cementklinker is Nederland grotendeels afhankelijk van import (netto 2.200 kiloton per jaar), voornamelijk uit Duitsland.

METALEN

Binnen de metalen kan onderscheid worden gemaakt tussen bulkmetalen, zoals ijzer, aluminium of koper, en specialistische metalen. IJzer, aluminium en koper komen in grote hoeveelheden voor binnen het areaal van de waterschappen en vinden hun toepassing in bijvoorbeeld staalconstructies, stroomkabels, leidingwerk, machines, et cetera. Specialistische metalen komen voor in bijvoorbeeld elektrische apparatuur of staallegeringen. Denk hierbij aan computers (goud), batterijen (kobalt en lithium), elektromotoren (zeldzame aardmetalen) en katalysatoren (platinum-groep metalen). Zo lang mogelijk hergebruik en uiteindelijke recycling van deze producten draagt bij aan het opbouwen van een circulaire economie en om de afhankelijkheid van import te verminderen. Hergebruik heeft in de meeste gevallen de voorkeur boven recycling, omdat bij recycling nog steeds een groot deel van deze zeldzame elementen niet kan worden herwonnen. Dit geldt met name voor kritieke materialen.

AFBEELDING 4.9 KRITIEKE MATERIALEN. BRON: JRC (2020) - CRM LIST 2020[36]



33 https://zaanstad.nieuws.nl/bedrijvigheid/82383/tata-steel-kan-verduurzamen-met-hulp-van-overheid/.

34 https://nos.nl/artikel/2385495-grote-kans-dat-tata-versneld-overschakelt-op-waterstof.

35 https://www.tatasteeleurope.com/nl/duurzaamheid/co2-neutraal.

36 LREEs - Light Rare Earth Elements (Lanthaniden ofwel zeldzame aardmetalen), HREEs - Heavy Rare Earth Elements (Lanthaniden ofwel zeldzame aardmetalen), PGM - Platinum Groep Metalen: platinum, palladium, iridium, osmium, rhodium en ruthenium.

Kritieke materialen zijn materialen met een groot economisch belang en een lage leveringszekerheid. Dit zijn vaak metalen met zeer specialistische eigenschappen die moeilijk vervangen kunnen worden door andere chemische stoffen. Voorbeelden van kritieke materialen zijn weergegeven in afbeelding 4.9. Hierin zijn leveringsrisico's (y-as) tegen economisch belang (x-as) uitgezet. Kritieke materialen bevinden zich het meest rechts boven (grenswaarde aangeduid met rode stippellijn). Deze materialen komen vaak maar in zeer kleine hoeveelheden voor in een product, maar zijn essentieel om de juiste werking of eigenschappen te verkrijgen. Hoewel sommige kritieke materialen grote milieueffecten per kilogram veroorzaken, hebben ze vanwege hun kleine hoeveelheid een beperkt aandeel in de milieudruk voor Nederland[37]. De mondiale productie van bijvoorbeeld zeldzame aardmetalen is veelal beperkt en bedraagt enkele honderden tot tienduizenden kilotonnen per jaar. In veel gevallen is Nederland daarvoor voor meer dan 98 % afhankelijk van import uit China.

Voor staallegeringen bepaalt de toepassing van het staal of- en welke kritieke elementen aanwezig zullen zijn. Zo vindt men bijvoorbeeld in regulier constructiestaal kleine hoeveelheden mangaan en silicium en in hoogsterkte staal, voor machines en zware constructieonderdelen, is vaak vanadium, titanium en/of molybdeen verwerkt. De concentraties legeringselementen in deze staalonderdelen is vaak laag, in de orde grote van 0,1-2 %. Constructie- en hoogsterkte staal is in grote hoeveelheden aanwezig binnen de waterschappen en zodoende kan de hoeveelheid (kritieke) legeringselementen daardoor ook significant zijn.
In tegenstelling tot constructie- en hoogsterkte staal heeft roestvrijstaal juist een zeer hoge legeringsgraad, waarin chroom (11-25 %) en nikkel (5-25 %) de hoofdlegeringselement zijn. Andere legeringselementen komen ook vaak voor, maar in kleinere hoeveelheden.

4.5 ZORGWEKKENDE STOFFEN

Om de duurzaamheidsdoelstellingen met betrekking tot primair materiaalgebruik en afvalreductie te halen, is het voor de waterschappen van belang om zo veel mogelijk materiaal dat vrijkomt bij renovatie- en onderhoudsprojecten te kunnen hergebruiken. Componenten, onderdelen of materialen mogen echter niet zomaar hergebruikt worden. Eerst moet namelijk worden aangetoond dat deze componenten of onderdelen veilig hergebruikt kunnen worden en nog voldoen aan de huidige veiligheidseisen en/of gebruiksstandaarden. Er zijn dus materialen die de keten kunnen vervuilen en hergebruik hinderen. Denk hierbij aan de aanwezigheid van schadelijke of zorgwekkende stoffen. Het RIVM heeft een uitgebreide lijst opgesteld van (zeer) zorgwekkende stoffen[38]. Hieronder worden een aantal van deze stoffen uitgelicht waar extra aandacht aan dient te worden besteed, omdat deze hergebruik kunnen bemoeilijken of in sommige gevallen zelfs onmogelijk maken. In de regel geldt dat (zeer) zorgwekkende stoffen zoveel mogelijk vermeden moeten worden en dat nieuwe bouwmaterialen en materialen die vrijkomen bij bouw- en sloopwerkzaamheden gecontroleerd moeten worden op aanwezigheid van deze stoffen.

PFAS

Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) zijn een verzameling van meer dan 6.000 verschillende kunstmatige chemische stoffen dient van nature niet in het milieu voorkomen[39], waaronder PFOS, PFOA en GenX. PFAS kunnen voorkomen in smeermiddelen, blusmiddel, coatings, verf en textiel. Deze stoffen worden gebruikt voor hun water-, vet- en vuilafstotende werking, maar hebben een zeer hoge afbraaktijd waardoor verspreiding en ophoping voorkomen moet

37 PBL (2021) - Mogelijke doelen voor een circulaire economie.
38 RIVM (2021) - Totale lijst van Zeer Zorgwekkende Stoffen. *Website, URL: https://rvszoeksysteem.rivm.nl/ZZSlijst/TotaleLijst*
39 PFAS Expertise Centrum www.expertisecentrumpfas.nl/.

worden. Deze stoffen kunnen zich ophopen in bodem en water en hebben een schadelijk effect op de menselijke gezondheid, waterkwaliteit en ecologie. Gezien de grote hoeveelheden grond binnen het beheer van de waterschappen is de kans significant aanwezig dat deze stoffen voorkomen binnen het areaal, maar over specifieke hoeveelheden kan dit onderzoek geen uitspraak doen.

ASBEST

Asbest is veel geproduceerd en gebruikt in en rondom gebouwen tot de jaren '90, maar komt nog steeds veel voor in onze leefomgeving. Asbest kan voorkomen in verhardings-, funderings- en bodemlagen om en nabij assets binnen het beheer van de waterschappen. Het gebruik van losgebonden asbest is in 1983 grotendeels verboden en hechtgebonden asbest is in 1994 verboden. Daarom dient met name rekening te worden gehouden met asbestverontreinigingen bij gebouwen of constructies met bouwjaar voor 1994. Gezien de grote hoeveelheden zand, klei en beton en het aantal kunstwerken en gebouwen binnen het areaal van de waterschappen wordt de kans op asbestverontreiniging significant geacht.

CHROOM6

Chroom6 (Chroom-VI) komt voor in verschillende toepassingen, zoals in verf, als onderdeel van beton of als afwerking van stalen profielen. Chroom6 verbetert de corrosieweerstand van materialen, maar is zeer schadelijk voor de gezondheid wanneer mensen er mee in aanraking komen. Binnen het areaal van de waterschappen kan chroom6 aanwezig zijn in grondverven voor beton en geïmpregneerd hout als onderdeel van bruggen, gemalen, sluizen en gebouwen.

ZINK

Zink is een veelgebruikt metaal. Het wordt onder andere gebruikt als oppervlaktebehandeling van staal, in fossiele brandstoffen, in bestrijdingsmiddelen, als opofferingsanode en als legeringselement[40].
Zink komt in het milieu en riolering terecht door uitloging vanuit verzinkte producten, zoals vangrails en lichtmasten. De snelheid waarmee zink uitloogt hangt van meerdere parameters af, zoals vochtigheidsgraad en de aanwezigheid van zwaveldioxide, maar is in gemiddelde condities ongeveer 5 g/m^2y [41].
In 2007 waren rwzi's voor 17 % verantwoordelijk voor de Nederlandse zinkuitstoot naar oppervlaktewater[42]. In 1985 was dit echter nog dubbel zo hoog. Zinkemissies vanuit rwzi's naar het oppervlaktewater namen tot 2015 geleidelijk af waarna het grofweg constant bleef tot 2018[43]. Het gros van dit zink is afkomstig uit rwzi effluent (78-85 ton/jaar), overstorten (12 ton/jaar) en regenwaterriolen (50 ton/jaar)[44]. Hier dient echter bij vermeld te worden dat het influent voor rwzi's 430-500 ton/jaar bedraagt en dat rwzi's zink met 72-83 % efficiency verwijderen uit het influent.

De waterschappen treffen zelf reeds maatregelen om uitloging van zink naar het milieu te verminderen, zoals het toepassen van coatings op gegalvaniseerd stalen objecten.

40 CLO (2018) - Belasting van het oppervlaktewater door verkeer en vervoer, 1990-2016.
41 Wallinder, O. & Leygraf, C. (2017) - A Critical Review on Corrosion and Runoff from Zinc and Zinc-Based Alloys in Atmospheric Environments.
42 RIVM (2010) - Emissies en verspreiding van zware metalen. *Website, URL: https://www.rivm.nl/zink-toestand-2015-2018.*
43 Partners 4 Urban Waters, Deltares & Rijkswaterstaat (2020) - Emissieschatting diffuse bronnen: Effluenten rwzi's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's.
44 RWS (2019) - Emissieregistratie industriële en communale bronnen: Effluenten RWZI's (gemeten stoffen).

5

VOORBEELDEN CIRCULAIR ASSETMANAGEMENT

5.1 INLEIDING

In een circulaire economie bestaat geen afval, wordt gebruik van grondstoffen zoveel mogelijk voorkomen en grondstoffen die vrijkomen worden steeds opnieuw gebruikt op een duurzame en hoogwaardige manier. Door grondstoffen en materialen telkens opnieuw in te zetten kan het gebruik van primaire grondstoffen vermeden of gereduceerd worden. Daarmee worden ook de emissies, energie- en het land- en watergebruik vermeden die gepaard gaan met het winnen van nieuwe grondstoffen of vervaardigen van nieuw materiaal. Daarbij wordt de druk op schaarse grondstoffen verlaagd. De circulaire economie is daarmee een effectief middel om op een duurzame manier met de planeet om te gaan.

Bij het managen van assets liggen veel kansen om te verduurzamen middels kringloopsluiting. Vanuit een circulair oogpunt kunnen assets worden beschouwd als tijdelijke depots van grondstoffen en materialen. Bij circulair assetmanagement wordt vanaf de ontwerpfase ingezet op het reduceren van grondstofgebruik, aanpasbaarheid en hergebruik. Ook wordt enkel gebruik gemaakt van hernieuwbare, hergebruikte of recyclebare materialen. Hiermee wordt de vraag naar nieuwe materialen en bouw- en transportactiviteiten zo veel mogelijk vermeden.

Op het gebied van circulair assetmanagement wordt al veel ondernomen. In dit hoofdstuk zijn verschillende manieren van circulair assetmanagement verder toegelicht, aangevuld met inspirerende voorbeelden uit de praktijk.

5.2 CIRCULAIR ASSETMANAGEMENT

Voor het ontwerpen vanuit principes voor circulaire economie zijn afgelopen jaren verschillende modellen ontwikkeld, variërend van meer generieke modellen tot praktische ontwerp strategieën. 2 bekende modellen zijn het 10R model[45] en de Circulaire ontwerpprincipes van Rijkswaterstaat[46]. In deze modellen is aangegeven hoe de restlevensduur van producten of objecten optimaal kan worden benut en wordt een bepaalde prioritering in stappen gegeven.

Daarbij wordt in eerste plaats gekeken naar preventie, ofwel Refuse, Reduce en Rethink, waarbij de focus met name ligt op het reduceren van het gebruik van bouwmaterialen (zie paragraaf 4.3). Dit kan door te ontwerpen met minder materialen maar ook door eerst kritisch te kijken in hoeverre een bepaalde asset nodig is.

45 Platform CB'23 (2019) Framework Circulair Bouwen. Geraadpleegd via: https://platformcb23.nl/images/downloads/20190704_PlatformCB23_Framework_Circulair_Bouwen_Versie_1.0.pdf.

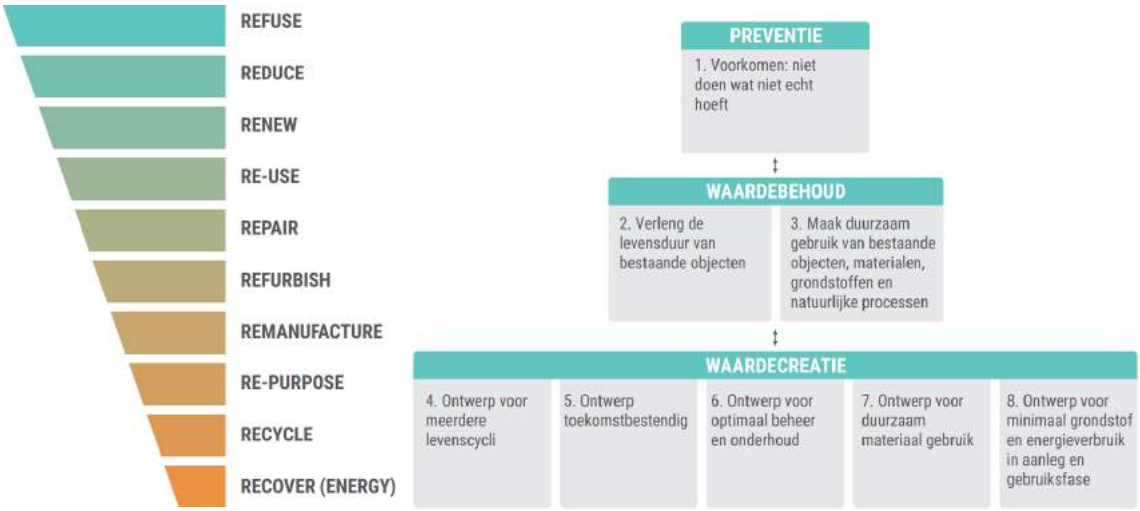
46 Rijkswaterstaat (2021) Circulaire viaducten in 9 stappen. Geraadpleegd via: https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/duurzame-leefomgeving/circulaire-economie/circulaire-viaducten.

Daaropvolgend ligt de focus op waardebehoud (zie daarvoor paragraaf 4.4) bij levensduurverlenging van objecten, ofwel Repair, Refurbish en Remanufacture, en vervolgens bij hergebruik (zie paragraaf 4.5), ofwel Reuse, Remanufacture, Repurpose en Recycle. Om materialen zo lang mogelijk mee te laten gaan is het belangrijk deze op een hoogwaardige manier her te gebruiken en downcyclen zoveel mogelijk te voorkomen. Daarbij is het meest wenselijke om een object opnieuw in te zetten in de originele functie als geheel, gevolgd door hergebruik op niveau van componenten en ten slotte materialen.

Ten slotte gaat waardecreatie (paragraaf 4.6) over het meenemen van deze principes in de ontwerpfase. Door aan de voorkant al te ontwerpen voor meerdere levenscycli en hergebruik kan worden geoptimaliseerd voor duurzaamheid en circulariteit.

In dit hoofdstuk worden een aantal voorbeelden gegeven ter inspiratie vanuit de genoemde circulaire ontwerpprincipes. De voorbeelden geven een beeld van de verschillende mogelijkheden om negatieve milieu-impact te reduceren. Echter, voor alle voorbeelden geldt dat altijd naar het grotere geheel gekeken moet worden om te beoordelen of een oplossing daadwerkelijk een netto positieve bijdrage levert en er geen trade-offs ontstaan.

AFBEELDING 5.1 2 MODELLEN VOOR HET ONTWIKKELEN VAN CIRCULAIRE STRATEGIEËN; DE 10R LADDER VAN CIRCULARITEIT[47] EN DE CIRCULAIRE ONTWERPPRINCIPES VAN RIJKSWATERSTAAT[48]



5.3 PREVENTIE

In eerste plaats is het belangrijk om grondstoffengebruik te voorkomen of reduceren waar mogelijk. Daarbij, zijn voor circulaire processen, zoals het terugwinnen van materialen of het opwekken van duurzame energie, op zichzelf ook weer grondstoffen en energie nodig. Daarom is reductie een belangrijke eerste stap in circulaire strategieën.

Reduceren van grondstofgebruik kan op een aantal manieren worden gerealiseerd. Bijvoorbeeld door te ontwerpen met minder materiaal, door niet-functionele of overtollige elementen binnen een GWW-werk weg te laten of te verminderen. Een andere optie is lichtere

47 Platform CB'23, 2019.

48 Rijkswaterstaat (2021) Circulaire viaducten in 9 stappen. Geraadpleegd via: https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/duurzame-leefomgeving/circulaire-economie/circulaire-viaducten.

structuren en constructies toepassen om in de functionele eisen te voorzien. Maar grondstofgebruik kan ook drastisch gereduceerd worden door in eerste plaats kritisch te kijken in hoeverre een bepaald object echt nodig is en of er mogelijke alternatieven zijn. Hierbij is de natuur een van de belangrijkste inspiratiebronnen.

ECOLOGISCH ZUIVEREN

Natuurlijke manieren van waterzuivering zoals het toepassen van helofytenfilters en wetlands bieden een alternatief voor de behandeling van grijs water of het effluent van rwzi's. Door middel van een natuurlijke zuiveringssystemen kan uitbreiding van de zuiveringscapaciteit potentieel beperkt worden. Hiermee kan de milieu- en klimaatbelasting door realisatie en operatie van deze assets beperkt worden. Natuurlijke zuiveringssystemen vergen echter zeer veel grondoppervlak waardoor inpasbaarheid veelal lastig is. Daarbij is via deze weg lastiger om grondstoffen en warmte terug te winnen uit het rioolwater. Het is daarom belangrijk om per situatie te kijken wat het meest positieve effect voor het milieu oplevert.

AFBEELDING 5.2 **BIJ DE CLEANTECH PLAYGROUND DE CEUVEL WORDEN TECHNIEKEN OM RIOOLWATER DECENTRAAL TE ZUIVEREN GETEST EN IN PRAKTIJK GEBRACHT[49]**

NATUURLIJKE OEVERS

In plaats van een smalle oever of een scherp talud kan worden gekozen voor een bredere natuurlijke oever. Door geen, of minimale verdediging op de oevers toe te passen kan milieubelasting uit deze asset groep gereduceerd worden. Echter, de voornaamste reden voor het toepassen van natuurlijke oevers zijn de voordelen voor de biodiversiteit. De grens tussen land en water is van oorsprong een plek waar veel biodiversiteit floreert. Door de overgangszones tussen land en water meer ruimte te geven kan de biodiversiteit worden gestimuleerd. Wanneer meerder oevers op een natuurlijke manier worden ingericht kunnen deze mogelijk fungeren als ecologische verbindingszones. Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is aan het verkennen hoe zij hun 1.600 kilometer aan dijken en watergangen kunnen gaan inzetten voor het creëren van groen-blauwe netwerken[50]. Voorwaarde voor het toepassen van natuurlijke

49 Metabolic (2018) Amsterdam's circular living Lab: What organisations can learn from De Ceuvel. Geraadpleegd via: https://www.metabolic.nl/news/amsterdams-circular-living-lab-organisations-learn-from-de-ceuvel/.

50 NWP (2021) Ecological network of waterways and dykes strengthens biodiversity. Geraadpleegd via: https://www.netherlandswaterpartnership.com/news/ecological-network-waterways-and-dykes-srengthens-biodiversity

oevers is dat de oever voldoende beschermt tegen afkaveling, de ecologische kwaliteit van het water in stand houdt of verbeterd en er voldoende ruimte gewaarborgd blijft om oppervlaktewater te bergen[51].

AFBEELDING 5.3 NATUURLIJKE OEVERS[52]

5.4 WAARDEBEHOUD

5.4.1 LEVENSDUURVERLENGING

In een circulair systeem is het de bedoeling dat materialen en grondstoffen zo lang mogelijk meegaan. Door de functionele levensduur en onderhoud van assets te monitoren kan ook potentie voor hergebruik of levensduurverlenging geïdentificeerd worden. Dit kan leiden tot renovatie van bestaande assets om levensduur te verlengen en daarmee het vermijden van nieuwbouw.

Huidige inspectiemethodes houden hier al deels rekening mee door de staat van assets te beoordelen. Zo wordt bij Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier vooral risico gestuurd onderhoud uitgevoerd. Als een object ondanks enkele mankementen zijn functie nog kan vervullen, hoeft het niet volledig vervangen te worden. Het wordt dan opgeknapt of gereviseerd. Ook Waterschap Vallei en Veluwe en Amstel, Gooi en Vecht hebben sturen op een zo lang mogelijke levensduur van assets. In eerste plaatst ook om kosten te kunnen reduceren.

5.4.2 HERGEBRUIK

Wanneer de levensduur van een object niet meer kan worden verlengd kan worden gekeken naar hergebruik. De meest hoogwaardige vorm van hergebruik is 1-op-1 hergebruik van componenten of van de constructie als geheel. Dit houdt in dat een object in de originele

51 Algemene regels natuurvriendelijke oevers, Hoogheemraadschap Delfland, 2010.

52 https://www.netherlandswaterpartnership.com/news/ecological-network-waterways-and-dykes-strengthens-biodiversity

functie wordt hergebruikt, en dus toegevoegde waarde van het vormen, bewerken en assembleren wordt behouden. Dit is mogelijk van toepassing op vele betonnen en stalen objecten, bijvoorbeeld voor bruggen. Uit de resultaten van dit onderzoek is gebleken dat voor bruggen voornamelijk veel staal en ijzer wordt gebruikt met een relatief hoge milieu-impact. Voor installaties en dergelijke kan het ook interessant zijn om deze op te slaan voor reserveonderdelen, of terug te leveren aan leveranciers. Als componenten of constructies niet als geheel kunnen worden hergebruikt, kan worden gekeken naar hergebruik op materiaal niveau. Bij veel huidige objecten is het hergebruik van materialen bij einde levensduur nog niet meegenomen in het ontwerp. Het is daarom niet altijd mogelijk componenten of materialen goed te demonteren of scheiden voor hergebruik. Bij sloop- of renovatiewerkzaamheden kan worden geïnventariseerd waar hergebruik van assets, componenten of materialen mogelijk is. Hiermee kunnen met een relatief eenvoudige extra stap hergebruik kansen worden geïdentificeerd.

In sommige gevallen, zoals bij transportleidingen, is hergebruik zowel economisch als ecologisch lastig te verantwoorden door ingrijpende werkzaamheden. Echter kan door slimme planning met andere werkzaamheden, de te vervangen of in onbruik geraakte leidingen gelijktijdig worden weggehaald, hergebruikt of gerecycled worden.

AFBEELDING 5.4 OPSLAG HERGEBRUIK

De materialen hoeven niet per se binnen het eigen waterschap worden ingezet. In een circulair systeem is het juist belangrijk om samenwerkingen aan te gaan met (regionale) partners om kringlopen op een hoogwaardige manier te kunnen sluiten. Bouwmaterialen lenen zich uitstekend voor dergelijke samenwerkingen in de regio doordat andere partijen zoals gemeenten, provincies of Rijkswaterstaat soortgelijke materialen inkopen en gebruiken. Uit recent onderzoek blijkt dat er in Nederland 74 circulaire handelsplatformen actief zijn[53].

53 https://groenehartwerkt.nl/files/Eindrapportage_Circulaire_Handelsplatformen__-_RoyalhaskoningDHV.pdf

BRUGGENBANK

Assets of materialen die vrijkomen kunnen opnieuw worden toegepast, zowel binnen als buiten het waterschap. Er bestaan verschillende grondstoffenbanken die het uitwisselen van objecten of materialen tussen partijen faciliteren. Een goed voorbeeld is de bruggenbank waar bruggen als gehele constructie worden aangeboden voor hergebruik. Zo is laatst de Waaghoofdbrug uit Leiden naar de gemeente Nijmegen verplaatst, vermeld de Bruggenbank[54].

AFBEELDING 5.5 HERGEBRUIK BRUG. BRON: BRUGGENBANK[55]

BETON HERGEBRUIKEN

Na grond, zand en klei is beton het bouwmateriaal dat met het grootste volume wordt toegepast. De laatste jaren is er veel ontwikkeling in recycling van beton. Door beton slim te breken is het in principe weer te recyclen tot grind, zand en cement, waarmee weer nieuw beton kan worden gemaakt. ADR (C2CA technology) en de SmartCrusher zijn voorbeelden van 2 hoogwaardige technieken die op het moment beschikbaar zijn.

54 Bruggenbank (2021). Geraadpleegd via: https://www.bruggenbank.nl/over-ons/.

55 https://www.bruggenbank.nl/over-ons/.

AFBEELDING 5.6 BETONBREKER

5.5 WAARDECREATIE

Circulair asset management begint bij de ontwerpfase en aanbesteding. Door aan de voorkant al in te zetten op circulariteit en duurzaamheid kan de levensduur van assets en materialen worden geoptimaliseerd. Dit kan bijvoorbeeld door flexibel te ontwerpen, waarbij een object aangepast kan worden aan andere behoeften in de toekomst. Maar ook door demontabel te bouwen, waardoor bij afbraak van een object hoogwaardige materiaalstromen vrijkomen. Om dergelijke strategieën mee te nemen in het proces van aanbesteding en ontwerp zijn een aantal tools ontwikkeld die daarbij kunnen ondersteunen.

5.5.1 CIRCULAIR UITVRAGEN EN AANBESTEDEN

Omdat de bouw van assets voornamelijk zal worden aanbesteed door waterschappen is het van belang de circulaire doelen te borgen in het proces van planvorming en aanbesteding. De Aanpak Duurzame GWW is opgesteld om de Green Deal Duurzame GWW te realiseren en biedt een aantal instrumenten:

- de Omgevingswijzer ondersteunt bij het inzichtelijk maken hoe duurzaam en integraal een project of gebiedsontwikkeling is of kan zijn. Dat gebeurt op een systematische manier, met aandacht voor sociale, ecologische en economische duurzaamheid (people, planet en profit);
- het ambitieweb is een visuele weergave van de duurzaamheidsthema's en de daaraan gekoppelde ambitieniveaus en helpt om de ambities inzichtelijk te maken;
- de CO_2-prestatieladder maakt inzichtelijk waar emissies gereduceerd kunnen worden, zowel vanuit eigen bedrijfsvoering als in de keten;
- de Duurzaam bouwen calculator (Dubocalc) maakt het mogelijk inschrijvingen op aanbestedingen te beoordelen en vergelijken op het gebied van duurzaamheid.

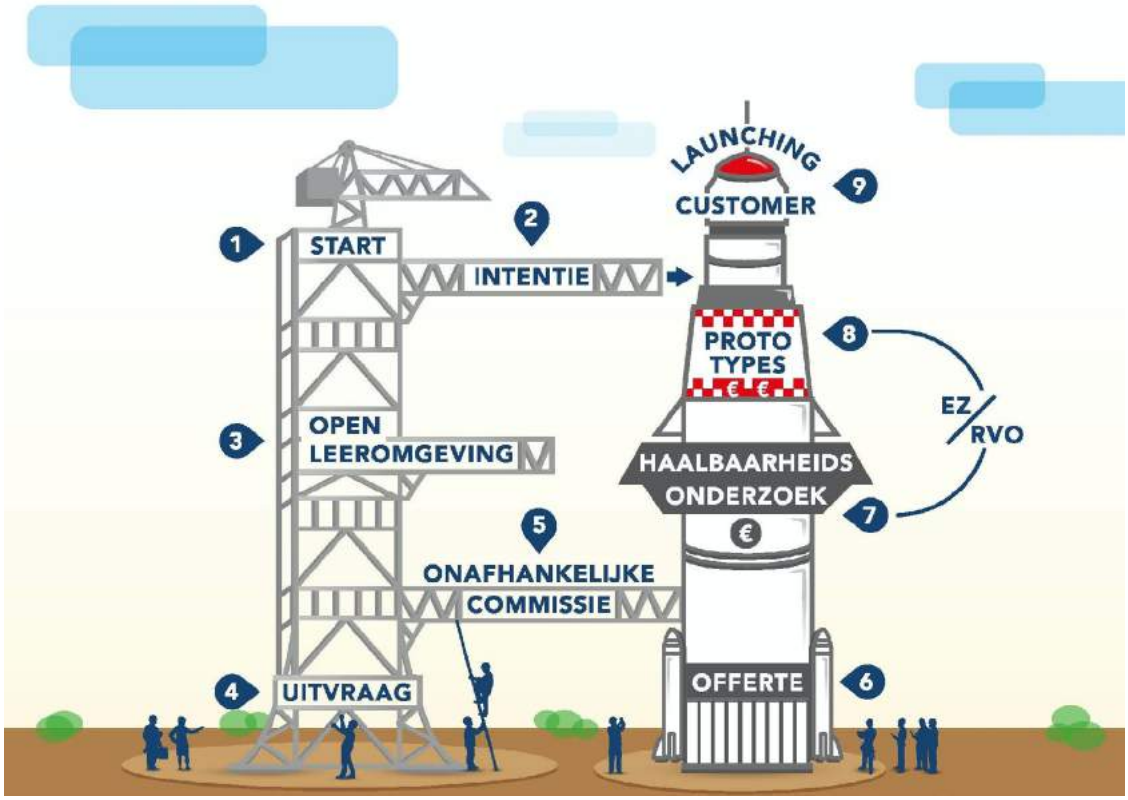
Een ander belangrijk instrument om inzicht te krijgen in materiaalstromen en voorraden en circulaire doelen te kunnen monitoren is het materialenpaspoort. Door het materialenpaspoort bij aanbestedingen uit te vragen worden bouwers en ontwerpers gedwongen inzichten te geven in het materiaalgebruik. Indien dit opgeslagen wordt zodat er later inzichten in het vrijkomende materiaal gegeven kan worden, wordt het mogelijk om materiaalvraag en -aanbod aan elkaar te koppelen. Het paspoort kan motiveren tot duurzamer en circulair bouwen afgedwongen door inzichten en eisen, maar resulteert niet op zichzelf tot reducties.

Door in ontwerp en aanbestedingen te sturen op CO_2 en MKI, kan vanaf de planfase van projecten emissiereductie worden gestimuleerd. De daadwerkelijke impact hangt direct af van de ambities die worden opgesteld door de betrokkenen

SAMENWERKING MET DE MARKT

Om innovatie te stimuleren en te komen tot de beste oplossingen kan worden samengewerkt met de markt. Dit gebeurt bijvoorbeeld met de Strategic Business Inovation Research (SBIR) Circulaire Viaducten, waarbij Rijkswaterstaat samenwerkt met de markt om inkoopklare oplossingen voor circulaire viaducten te ontwikkelen. In dit proces staat samenwerking en kennisdeling centraal om innovatie te versnellen.

AFBEELDING 5.7 SAMENWERKING MET DE MARKT. BRON: RIJKSWATERSTAAT[56]



56 https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/duurzame-leefomgeving/circulaire-economie/circulaire-viaducten.

5.5.2 DUURZAME MATERIALEN

Ook in de keuze van materiaalgebruik liggen veel kansen voor verduurzaming. 1 van de belangrijkste doelen van de circulaire economie is het reduceren van primair grondstoffen gebruik. Het minimaliseren van materiaalgebruik is daarom van belang. Om primaire grondstoffen te vervangen kan worden ingezet op gebruik van meer gerecyclede materialen (op basis van afval of metalen met hoger aandeel recyclaat), biologisch afbreekbare materialen (zoals hout), recyclebare materialen (staal, kunststoffen) en materialen met een lagere milieu-impact dan de gebruikelijke variant (bijvoorbeeld geopolymeer beton). Welk type materiaal het meest duurzaam is, hangt sterk af van de toepassing. Uit onderzoek naar leidingen[57] blijkt bijvoorbeeld dat voor niet-gefundeerde leidingen met kleinere diameters, gerecycled polyethyleen het beste is, terwijl bij gefundeerde leidingen met grotere diameters staal en beton beter toegepast kan worden.

Waterschappen beschikken zelf ook over reststromen die mogelijk kunnen worden ingezet. Denk hierbij aan organische stromen als bagger, maaisel en roostergoed, maar ook de vele grondstoffen die in het rioolwater te vinden zijn. Ten slotte kan ook gedacht worden aan biologische materialen die in het gebied zelf verbouwd kunnen worden. Het verbouwen van lisdodde kan bijvoorbeeld worden ingezet bij het beheer van natte gronden, en vervolgens worden gebruikt als bouwmateriaal voor oeverbeschoeiing of bruggen[58].

BOUWEN MET BAGGER

Het bouwen met bagger is een voorbeeld van bouwen met lokaal beschikbare grondstoffen. Het bedrijf NETICS onderzoekt samen met Waterschap Scheldestromen de verschillende toepassingen van bagger. Voorbeelden van deze toepassingen zijn dijkversterkingen, natuurvriendelijke oevers, haven constructies, golfbrekers en drijvende oevers. Deze constructies worden gebouwd met behulp van geotextiele tubes, met bagger gevulde ‘worsten’ van geotextiel[59]. Waterschap Scheldestromen voert volgend jaar (2022) een proef uit waarbij honderd vierkante meter aan Zeeuwse dijk wordt bekleed met stenen van baggerspecie. De bagger wordt aangeleverd vanuit nabijgelegen slibdepot en samengeperst tot zetsteenblokken met een steenpers. De proef loopt tot eind 2022, waarin wordt onderzocht wat de invloed is van eb en vloed, golfslag en de zoute omgeving. De Waterweg is een initiatief van onder andere de UvW en Delfland dat werkt aan circulaire toepassingen voor baggerspecie. De waterdoorlatende tegel, ontwikkeld door de Waterweg, biedt een kansrijke oplossing voor wateroverlast in steden en wordt binnenkort in samenwerking met het Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard getest in Rotterdam.

57 L. Schippers. (2021) Future proof sewers - An analysis of the circularity of the sewer system in Amsterdam. MSc MADE Thesis.

58 Winnovatie (2020) Lisdodde als natte landbouw voor productief beheer van natte gronden. Geraadpleegd via: https://www.winnovatie.nl/innovatie/lisdodde-als-natte-landbouw-voor-productief-beheer-van-natte-gronden.

59 NETICS (2020) Bouwen met baggerspecie. Geraadpleegd via: https://www.netics.nl/producten/bouwen-met-baggerspecie//

FIETSPAD VAN CELLULOSE

Cellulosevezels kunnen worden teruggewonnen uit het primaire slib op de waterzuiveringen en worden hergebruik als vezelproduct. Een mogelijke toepassing van cellulose is als grondstof voor bioplastic, isolatiemateriaal, actief kool of voedingsbodem om de schimmel mycelium te laten groeien (EFGF.nl). Maar cellulose kan ook worden ingezet als secundair materiaal. Zo wordt cellulose gebruikt als afdruipremmer in asfalt en heeft Wetterskip Fryslân een fietspad aangelegd van duurzaam asfalt gemaakt van cellulose uit rioolwater[60].

AFBEELDING 5.8 FIETSPAD VAN CELLULOSE. BRON: UVW[61]

60 Unie van Waterschappen (2016) Wereldprimeur: fietspad van gerecycled wc-papier. Geraadpleegd via: https://www.uvw.nl/wereldprimeur-fietspad-van-gerecycled-wc-papier/.

61 https://www.uvw.nl/wereldprimeur-fietspad-van-gerecycled-wc-papier/.

NATTE TEELT

Om beter in te kunnen spelen op droogte kiezen sommige waterschappen ervoor om meer water vast te houden in het gebied, waarbij natte gronden kunnen ontstaan. Om deze natte gronden toch productief te kunnen benutten kan natte teelt, zoals Lisdodde en riet een uitkomst bieden. Mooie bijkomstigheid is dat deze gewassen een water zuiverende functie hebben, bijdragen aan de biodiversiteit en ook nog ingezet kan worden als bouwmateriaal in eigen gebied. Waterschap de Dommel experimenteert op verschillende locaties met natte teelt en doet proeven met verschillende gewassen. Ook worden natte gronden aan agrariërs aangeboden in combinatie met een vergoeding voor het leveren van ecosysteemdiensten als het versterken van de biodiversiteit en het vasthouden van water[62].

AFBEELDING 5.9 LISDODDE

5.5.3 TOEKOMSTBESTENDIG EN FLEXIBEL

Omdat de transitie naar een circulaire en duurzame economie nog volop in gang is, is het belangrijk om adaptief te blijven om in te kunnen spelen op nieuwe ontwikkelingen. Gezien assets van de waterschappen vaak een langere levensduur hebben is het extra belangrijk verder vooruit te blijven kijken.

Voor rwzi's, rioolgemalen en poldergemalen geldt bijvoorbeeld dat deze te maken hebben met demografische en/of klimatologische ontwikkelingen en daarom aanpasbaarheid in gedachte gehouden moet worden.

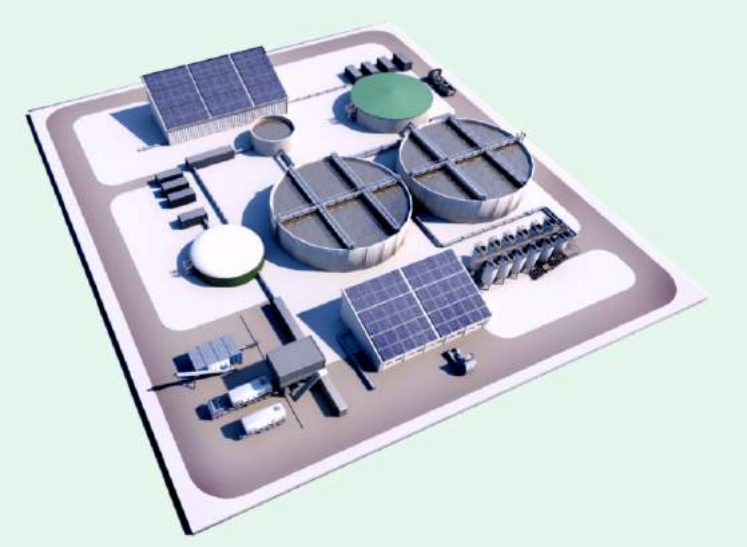
DE MODULAIRE ZUIVERING

Door demografische ontwikkeling zal de belasting van rwzi's in de toekomst blijven veranderen. Daarbij blijven zuiveringstechnieken continue in ontwikkeling. Daarom is het met name bij de realisatie van rwzi's belangrijk om te ontwerpen voor aanpasbaarheid in de gebruiksfase. Een mogelijke oplossing voor een groter adaptief vermogen van de zuivering

62 Winnovatie (2020) Lisdodde als natte landbouw voor productief beheer van natte gronden. Geraadpleegd via: https://www.winnovatie.nl/innovatie/lisdodde-als-natte-landbouw-voor-productief-beheer-van-natte-gronden.

is het Verdygo concept dat is ontwikkeld door waterschap Limburg. Bij het Verdygo concept wordt een RWZI volledig modulair en bovengronds gebouwd volgens een gestandaardiseerde plug & play modules. In de praktijk wordt het op dit moment vooral toegepast op de behuizing van procesinstallaties. Het voordeel is dat installaties makkelijk vervangbaar en aanpasbaar zijn en gemakkelijk onderhoud kan worden uitgevoerd. Door Waterschap Vallei en Veluwe wordt momenteel in bouwteam verband gewerkt aan de realisatie van RWZI Terwolde waar het Verdygo concept wordt toegepast en ook gestreefd wordt naar maximaal hergebruik en gebruik van duurzame materialen.

AFBEELDING 5.10 **MODULAIRE RIOOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIE. BRON: VERDYGO[63]**



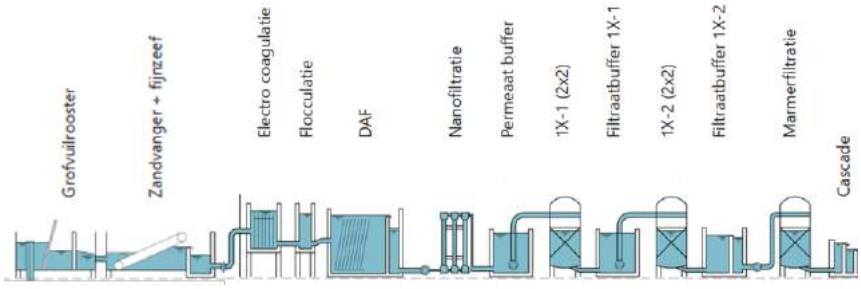
63 https://www.verdygo.com/what-is-verdygo/a-flexible-plant/

ZUIVERING VAN DE TOEKOMST: CIRCULAIRE WATER EN GRONDSTOFFENFABRIEK

Tussen 2018 en 2021 is door het consortium Dutch Water Refinery (Witteveen+Bos en Royal HaskoningDHV) in samenwerking met het waterschap Vallei en Veluwe het innovatieve waterzuiveringsconcept van de toekomst Waterfabriek2.0 (zie ook www.waterfabriekwilp.nl) ontwikkeld voor de toekomstige Waterfabriek Wilp (thans in realisatievoorbereiding). Waterfabriek2.0 bestaat uit fysisch-chemische processen en zuivert rioolwater (bij voorkeur droogweeraanvoer of geconcentreerd rioolwater) veel verder dan traditionele rwzi's en produceert herbruikbaar water (zie effluentsamenstelling hieronder) dat gebruikt kan worden als stadswater, voor irrigatie van parken, groenvoorzieningen en stadslandbouw, voor bestrijding van droogte en verzilting van oppervlaktewater, als proceswater voor industrie of in de toekomst als suppletiewater voor drinkwaterproductie.

Waterfabriek2.0 werkt geheel anders dan conventionele rioolwaterzuiveringen en nieuwe-sanitatiesystemen doordat de toegepaste technieken componenten in het rioolwater niet afbreken of omzetten maar scheiden en extraheren zodat er circulaire grondstoffen geproduceerd worden: cellulose, organische biomassa, fosfaat en ammonium. Bijkomend - maar onderscheidend - voordeel daarvan is dat in Waterfabriek2.0 geen proces-gerelateerde broeikasgassen (CO_2, N_2O en CH_4) geproduceerd worden omdat er geen biologische afbraak- en omzettingsprocessen plaatsvinden.

AFBEELDING 5.11 WATERFABRIEK 2.0



Effluent Waterfabriek2.0		Eenheid
Zwevende stof	0,0	mg/l
Chemisch Zuurstof Verbruik	<75	mg/l
Biochemisch Zuurstof Verbruik	<20	mg/l
Fosfor total	0,01	mg P/l
Stikstof total	0,9	mg N/l
Ammonium	0,3	mg N/l
pH na remineralisatiestap	>6,5	
Medicijnresten (MinIenW-lijst)	>80%	verwijdering

De (duurzaam op te wekken) elektriciteit die ingezet wordt om biologische processen en chemicaliëndoseringen te vervangen is hoger dan de energievraag van een conventionele rwzi, maar levert ook veel schoner water en grondstoffen op. Door de verwaarding van het water en de grondstofstromen wordt Waterfabriek2.0 een CO_2-neutrale installatie. Elektriciteit wordt daarbij vanuit hernieuwbare bronnen geproduceerd.

Door de toegepast barrièreconfiguratie worden tevens microverontreinigingen zoals medicijnresten en micro- en nanoplastics uit het water verwijderd. Aangetoond is dat van de 19 aandachtstoffen van het ministerie IenW 7 stoffen tot boven 90 % verwijderd worden en 11 stoffen tot meer dan 80 %.

5.5.4 ONTWERPEN VOOR MEERDERE LEVENSCYCLI

Om het hergebruik van materialen of componenten van de assets te bevorderen liggen veel kansen door in te zetten op Industrieel, flexibel en demontabel bouw (IFD). Daarbij wordt in het ontwerp van een object meegenomen dat de componenten of materialen kunnen worden hergebruikt.

LEVVEL BLOCKS AFSLUITDIJK

Industrieel, flexibel en demontabel (IFD) is een vorm van bouwen waarbij interfaces tussen bouwdelen en onderdelen worden gestandaardiseerd en demontabel ontworpen. Het voordeel hiervan is dat de gestandaardiseerde interfaces fabrieksmatig kunnen worden geproduceerd, snel aangebracht kunnen worden en geschikt zijn voor hergebruik. Een voorbeeld hiervan zijn de Levvel blocks die bij de versterking van de afsluitdijk worden toegepast. Het demontabel bouwen moet op termijn ertoe leiden dat componenten langer kunnen worden gebruikt en kunnen worden ingezet in verschillende constructies, waarmee de winning van nieuwe grondstoffen kan worden beperkt. Overigens kan het toepassen van standaardisatie ook leiden tot overdimensionering, waarmee in eerste instantie meer grondstoffen worden toegepast ten opzichte van een maatwerk constructie[64].

AFBEELDING 5.12 LEVVEL BLOCKS AFSLUITDIJK. BRON: WATERFORUM[65]

CIRCULAIRE DIJKENBOUW

Waterkeringen zijn een bijzondere categorie omdat deze vaak meer materiaal vragen dan andere objecttypes maar voor veel langere tijd blijven liggen. De vraag naar materiaal zal voor waterkeringen vooral door onderhoud en versterking plaatsvinden. Het is daarmee onwaarschijnlijk dat er veel materiaal vrij komt uit waterkeringen. De focus dient daarom op het nieuw aan te voeren materiaal te liggen. Hiervoor is in het projectenboek Hoogwaterbeschermingsprogramma 2021[66] aandacht voor circulaire dijkenbouw geweest. De materiaalsoort en locatie van grondstofwinning bieden hierbij circulaire kansen. 5 voorbeelden worden beschreven;

- de hergebruikte dijk welke uitsluitend opgebouwd is uit herwinbare of herbruikbare materialen;
- de minimale dijk welke in samenwerking met ingrepen in het achterland voor voldoende veiligheid zorgen met minder materiaalgebruik;

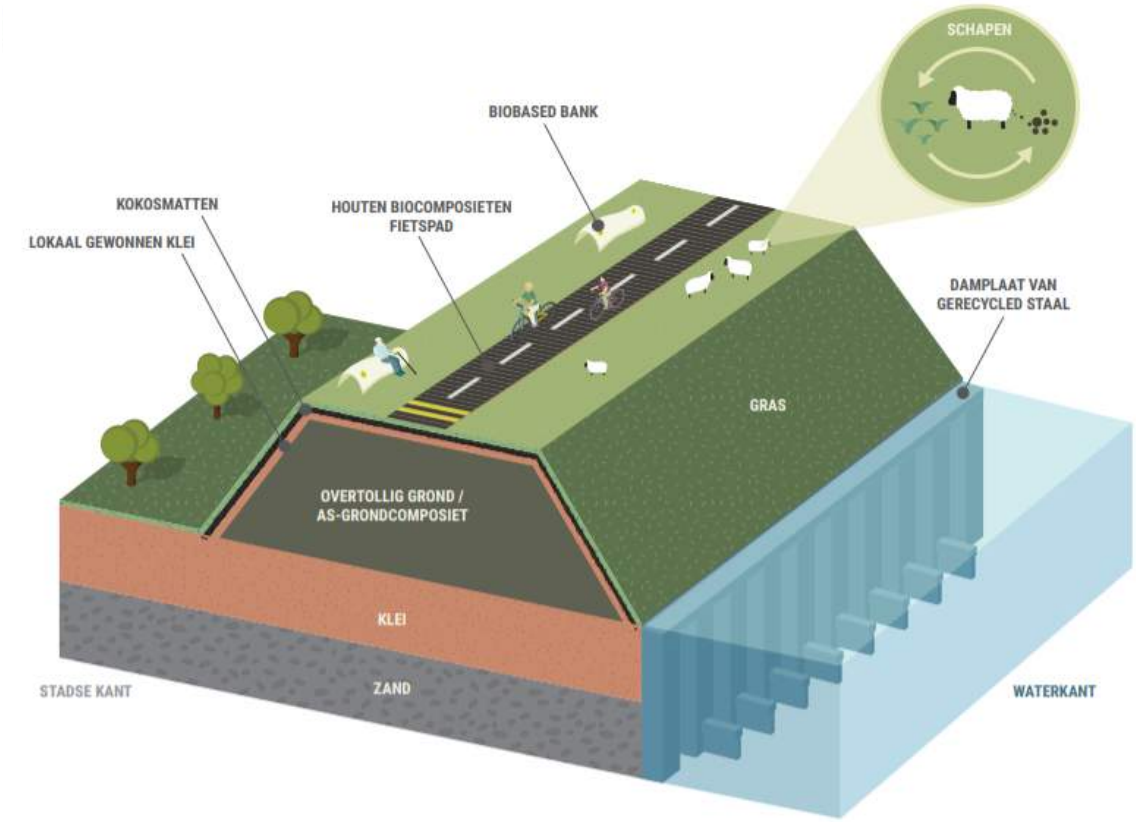
64 Waterforum (2021) Renovatie Afsluitdijk: Levvel-blokken geheim wapen van winnend consortium. Geraadpleegd via: https://www.waterforum.net/renovatie-afsluitdijk-levvel-blokken-geheim-wapen-van-winnend-consortium/.

65 https://www.waterforum.net/renovatie-afsluitdijk-levvel-blokken-geheim-wapen-van-winnend-consortium/.

66 HWBP (2020) Projectenboek HWBP 2021. Geraadpleegd via: https://drive.google.com/file/d/1LfwFhhq5CKQow5QR6OR8W4_GXTzyDinf/view?usp=sharing.

- de superdijk welke extra breed en hoog is en daarmee in de toekomst niet opgehoogd zal hoeven worden;
- de plug-and-play dijk die met de nieuwste technieken gemonitord wordt en nauwkeurig en op het juiste moment versterkt kan worden;
- de natuurlijke dijk waarin voorland, achterland en dijk samen natuurlijke processen benutten voor bescherming.

AFBEELDING 5.13 CIRCULAIRE DIJKENBOUW



5.5.5 UITVOERING VAN PROJECTEN

Naast de impact van materiaalgebruik is het ook belangrijk aandacht te besteden aan de milieueffecten van de uitvoering van projecten. Ook hier geldt dat hier voornamelijk op gestuurd zal worden in het aanbestedingsproces, gezien de meest projecten uitbesteed zullen worden. Bij aanbestedingen kan bijvoorbeeld de eis worden gesteld dat er geen (zero) emissies op de bouwplaats vrijkomen, bijvoorbeeld door inzet van elektrisch materieel of het gebruik van HVO-diesel. Het is echter wenselijk om uit te vragen op de gewenste uitkomsten (zero emissies) in plaats van de methodes om de markt de vrijheid te geven de meest passende oplossingen aan te dragen. Een andere factor is het transport van materialen en grondstoffen naar de projectlocatie. Dit is voornamelijk relevant voor grondverzet, baggerwerken en waterveiligheidsprojecten waar in het algemeen relatief meer materiaalgebruik mee gepaard gaat.

GRIP OP GROND

In het programma Grip op Grond van de provincie Fryslân worden projecten waarbij grond vrijkomt gekoppeld aan projecten waar grond nodig is. Via het programma wil de provincie het niet alleen mogelijk maken grond her te gebruiken, maar ook te kijken naar het transport van de grond. Daarbij is het doel om transportafstanden te verkleinen en te kijken naar de minst milieubelastende manier van transport. Door grond regionaal her te gebruiken hoeven minder nieuwe grondstoffen aangevoerd te worden en minder primaire bouwstoffen, zoals bijvoorbeeld zand, te worden gewonnen[67].

AFBEELDING 5.14 GRONDVERZET

67 Provincie Fryslân (2020) Grip op grond. Geraadpleegd via: https://www.fryslan.frl/gripopgrond Rijkswaterstaat (2020) Circulaire ontwerpprincipes. Geraadpleegd via: https://puc.overheid.nl/PUC/Handlers/DownloadDocument.ashx?identifier=PUC_166724_31&versienummer=1.

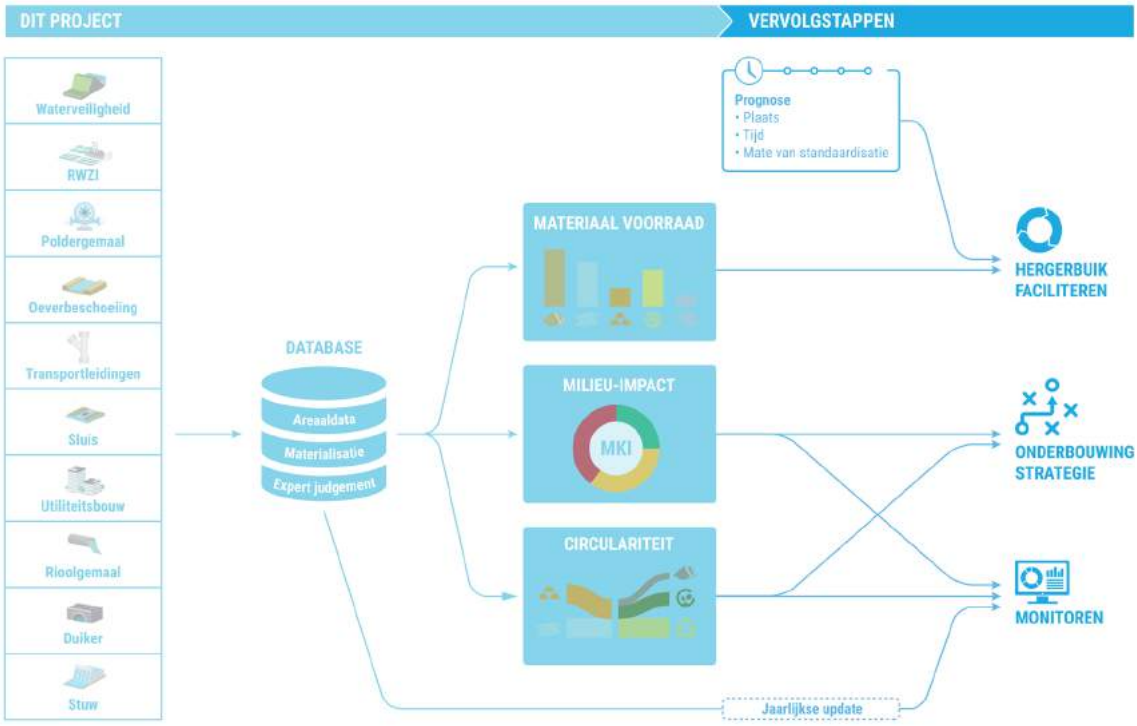
6

MONITORINGSMETHODIEK

6.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk beschrijft op welke wijze de klimaat- en circulaire doelen gerelateerd aan materiaalgebruik kunnen worden gemonitord. Hiervoor wordt eerst ingegaan op de huidige situatie bij waterschappen en relevante ontwikkelingen ten aanzien van monitoring van circulariteit. Ook wordt beschreven worden prestatie-indicatoren gebruikt kunnen worden voor het meten van voortgang op klimaat en circulariteit. Vervolgens worden achtereenvolgens 2 concrete vervolgstappen beschreven: 'monitoring' van circulaire en klimaatdoelen en 'faciliteren van hergebruik' door het voorspellen van toekomstige vraag en aanbod van materialen (zie afbeelding 6.1). Voor deze vervolgstappen is beschreven hoe dit op een praktische en effectieve wijze kan worden uitgevoerd en hoe onderhavig onderzoek en de hierin ontwikkelde database hiervoor als startpunt kan worden gebruikt.

AFBEELDING 6.1 VERVOLGSTAPPEN ONDERZOEK, WAARONDER ADVIES VOOR MONITORING



6.2 HUIDIGE SITUATIE WATERSCHAPPEN EN ONTWIKKELINGEN

6.2.1 HUIDIGE SITUATIE BIJ WATERSCHAPPEN

Bij de waterschappen die hebben deelgenomen aan deze studie is er op dit moment geen uniforme werkwijze voor het monitoren van circulariteit (in brede zin), of voor het vastleggen van materiaalinformatie van assets. Daarnaast worden voor het vastleggen van informatie

van assets verschillende informatiesystemen (bijvoorbeeld InforAEM en iAsset) gebruikt. Soms worden ook binnen 1 waterschap verschillende informatiesystemen naast elkaar gebruikt voor bijvoorbeeld watersysteembeheer, waterketen en wegbeheer. Het gebruik van verschillende systemen hoeft geen probleem te zijn, mits de wijze van informatie vastleggen uniform is en de informatie uit de diverse systemen kan worden uitgewisseld.

6.2.2 LOPENDE ONTWIKKELINGEN

Tijdens de uitvoering van deze studie is contact geweest met een aantal organisaties met betrekking tot het meten van circulaire economie en het leveren of vastleggen van informatie hiervoor. In bijlage I worden de lopende ontwikkelingen beschreven. Hieronder een korte samenvatting:

- PBL adviseert om de doelen, en dus ook de monitoring, voor circulaire economie niet enkel te richten op *het efficiënter omgaan met grondstoffen* (input, gebruik, output en waardebehoud) maar ook aandacht te geven aan de *milieu- en sociaal-economische effecten* van circulaire economie. Door Platform CB'23 zijn meetindicatoren voorgesteld met betrekking efficiënter omgaan met grondstoffen en milieueffecten. De milieueffecten kunnen worden bepaald op basis van de NMD. Indicatoren voor efficiënt omgaan met grondstoffen worden sinds 1 januari 2021 toegevoegd aan de NMD, maar zal nog een aantal jaren duren voordat voor alle producten in de NMD deze circulaire prestatie indicatoren beschikbaar zijn. Voor het monitoren van sociaal-economische effecten van circulaire economie zijn nog geen concrete meetindicatoren uitgewerkt door PBL of Platform CB'23;
- ten tweede adviseert PBL om ook *prestatie indicatoren* op te nemen voor het meten van het transitieproces naar een circulaire economie. In de huidige opzet van de Klimaatmonitor zijn hiervoor al een aantal vragen opgenomen. Nagegaan moet worden of dit nog verder moet worden uitgebreid. Daarnaast is de Circulaire Peiler beschikbaar om de inspanning die geleverd is om tot komen tot een circulair project inzichtelijk te maken;
- voor de verdere uitrol en eventuele verplichting van het *materialenpaspoort* is noodzakelijk (randvoorwaarde) dat eerst *een landelijke afsprakenstelsel voor alle 'datadeel initiatieven'* binnen de GWW (en de bouw in brede zin) wordt opgesteld. In de waterschapsector zou het Informatiehuis Water een faciliterende rol kunnen vervullen voor de (landelijke) ontwikkeling en beheer van een standaard voor de vastlegging van basisgegevens die input vormen voor prestatie indicatoren voor efficiënt materiaalgebruik, milieueffecten en materialenpaspoorten.

6.3 FUNCTIONELE BEHOEFTE MONITORING

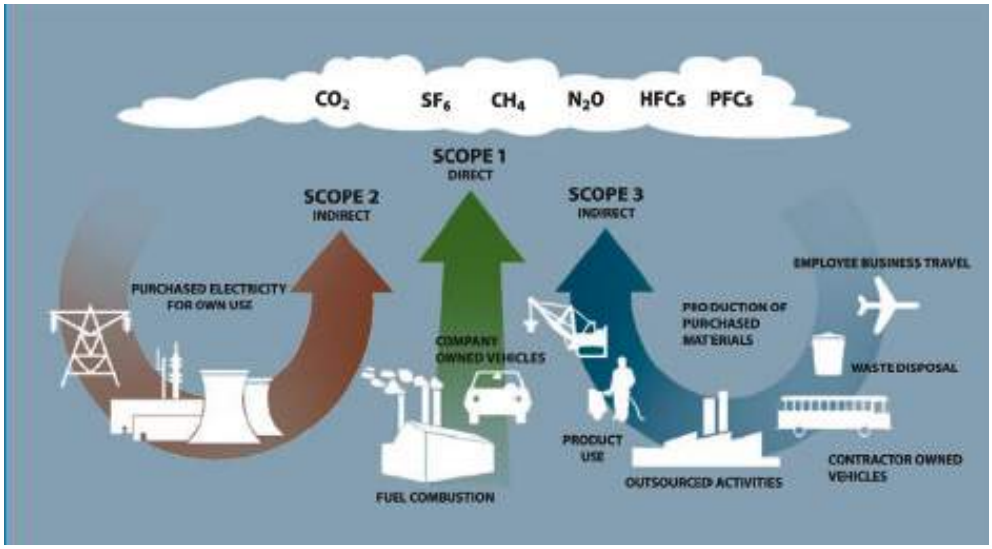
De behoefte van waterschappen om materiaalgebruik en hieraan gekoppelde milieu en sociaaleconomische effecten te monitoren is gerelateerd aan de doelstellingen die voortkomen uit het klimaatakkoord en het grondstoffenakkoord.

KLIMAATAKKOORD

Vanuit het Klimaatakkoord is het wenselijk om de broeikasgasemissies van een waterschap op jaarbasis in beeld te brengen zodat CO_2-reductiedoelstellingen kunnen worden gemonitord. In 2021 heeft de Unie van Waterschappen alle waterschappen opgeroepen om ervoor te zorgen dat ze uiterlijk in 2025 gecertificeerd zijn op de CO_2-prestatieladder. De ladder bestaat uit 5 treden. De eerste 3 treden richten zich op de CO_2-uitstoot van de eigen organisatie. De treden 4 en 5 richten zich op de uitstoot in de ketens van leveranciers en klanten waarvan de organisatie een schakel is. Hieronder valt onder meer de aanleg, beheer, onderhoud en sloop van objecten in beheer van het waterschap (zogenaamde Scope 3 emissies). Op dit

moment brengen Waterschappen de uitstoot in de ketens van leveranciers (scope 3 emissies) alleen in kaart voor chemicaliën die worden gebruikt bij waterzuivering. De scope 3 emissies vanuit gebruik van bouwmaterialen worden nog niet in kaart gebracht. Deze scope 3 emissies worden ook niet meegenomen in de huidige opzet van de Klimaatmonitor.

AFBEELDING 6.2 **CO_2-EMISSIE SCOPES**



GRONDSTOFFENAKKOORD

Op dit moment wordt door de meeste waterschappen nog geen monitoring uitgevoerd van circulaire doelen. Zoals eerder beschreven adviseert PBL om de circulaire doelen niet enkel te richten op het efficiënter omgaan met grondstoffen (bijvoorbeeld 50% reductie van primair grondstof gebruik) maar ook aandacht te geven aan de milieu- en sociaaleconomische effecten van circulaire economie. Aanvullend hierop zou ook bijdrage aan de transitie naar een circulaire economie in beeld moeten worden gebracht. Dit advies is nog niet concreet vertaald op welke indicatoren waterschappen de bijdrage aan circulaire doelen zouden moeten monitoren.

6.4 PRESTATIE-INDICATOREN VOOR MONITORING

Op dit moment is er voor waterschappen nog geen uniforme bepalingsmethode beschikbaar om het effect van materiaalgebruik op het klimaat en circulaire doelen te monitoren. Door Platform CB'23 is een set met circulaire prestatie-indicatoren voorgesteld die aansluiten op de doelen zoals verwoord door het PBL. In onderstaande tabel zijn de circulaire prestatie-indicatoren van CB'23 samengevat en per indicator aangegeven in hoeverre die in deze studie is bepaald. Tevens wordt aangegeven of het in principe wel mogelijk is om een indicator te bepalen in het geval dat deze niet is meegenomen in het kader van deze studie.

TABEL 6.1 CIRCULAIRE PRESTATIE-INDICATOREN

Prestatie indicator		Indicator bepaald in deze studie	Indicator kan aanvullend worden bepaald
Kernindicatoren voor het beschermen van bestaande materiaalvoorraden			
1. Hoeveelheid gebruikt materiaal (input)	1.1 Hoeveelheid primair materiaal (hernieuwbaar/niet hernieuwbaar)	ja	ja
	1.2 Hoeveelheid secundair materiaal	ja	ja
	1.3 Hoeveelheid fysiek schaars materiaal	nee	mogelijk
	1.4.1 Hoeveelheid socio-economisch schaarse grondstoffen	nee	misschien
	1.4.2 Hoeveelheid socio-economische niet-schaarse grondstoffen	nee	misschien
2. Hoeveelheid beschikbaar materiaal voor volgende cyclus (output)	2.1 Hoeveelheid materiaal voor hergebruik	nee	ja
	2.2 Hoeveelheid materiaal voor recycling	ja	ja
3. Hoeveelheid verloren materiaal (output)	3.1 Hoeveelheid materiaal naar energiewinning	nee	ja
	3.2 Hoeveelheid materiaal naar stort	nee	ja
Kernindicatoren voor het beschermen van milieu			
4. Invloed op milieu	4.1 Klimaatverandering – totaal uitgedrukt in CO_2-equivalenten	ja	ja
	4.1 t/m 4.19 Milieueffecten conform SBK-bepalingsmethode, uitgedrukt in MKI	ja	ja
Kernindicatoren voor het beschermen van bestaande waarde			
5. Hoeveelheid initiële waarde (input)	5.1 Technisch-functionele waarde	nee	mogelijk
	5.2 Economische waarde	nee	ja
6. Hoeveelheid beschikbare waarde voor volgende cyclus (output)	6.1 Technisch-functionele waarde	nee	mogelijk
	6.2 Economische waarde	nee	ja
7. Hoeveelheid verloren bestaande waarde (output)	7.1 Technisch-functionele waarde	nee	mogelijk
	7.2 Economische waarde	nee	ja

Uit het overzicht in tabel 6.1 blijkt dat in deze studie een deel van de voorgestelde indicatoren door Platform CB'23 is bepaald. Hiermee is goede basis gelegd voor het meten van circulariteit en ook impact op klimaat van materiaalgebruik. Dit kan mogelijk nog met een aantal criteria worden uitgebreid.

In onderhavig onderzoek is van de huidige materiaalvoorraad de input en output van primair, hernieuwbaar en secundair bepaald, waardoor het mogelijk is om een uitspraak te doen over efficiëntie van grondstoffengebruik. Bij output is nog niet gekeken naar hergebruik als product. Dit kan in principe wel, maar hiervoor is per object een analyse nodig welke onderdelen losmaakbaar zijn. Dit vraagt nog om een nadere verdieping en mogelijk ook specifieke beoordeling per object, omdat demontabel bouwen sterk in ontwikkeling is. Er is geen kwantitatieve analyse gedaan van de fysieke en sociaaleconomische schaarste. Er is wel een kwalitatieve beschouwing gemaakt van schaarste. Een kwantitatieve beoordeling van fysieke schaarste is wellicht wel mogelijk door materiaalgebruik binnen een waterschap jaarlijks te vergelijken met de EU-lijst met kritische materialen.

De beoordeling van milieueffecten van materiaalgebruik is met de berekening van CO_2 en MKI wel meegenomen in deze studie.

Er is geen beoordeling gedaan van technische-functionele en economische waardeverandering. Hiervoor zijn nog geen uniforme bepalingsmethoden beschikbaar. In principe kan de economische waardeverandering wel worden bepaald op basis van afschrijving op basis van technische levensduur. In principe wordt dit ook al toegepast binnen assetmanagement. De bepaling van technische-functionele waardeverandering (bijvoorbeeld verlies van sterkte, of zuiverheid van grondstoffen) is complexer. Daarbij is het de vraag of het zinvol is om dit regulier te monitoren, of dat hier alleen object specifiek onderzoek naar wordt gedaan als daar aanleiding toe is.

6.5 VERVOLGSTAP: PERIODIEK MONITOREN VAN KLIMAAT- EN CIRCULAIRE DOELEN

In deze studie is een basis gelegd voor monitoring van klimaat- en circulaire doelen gerelateerd aan materiaalgebruik door waterschappen. In deze studie is gestart met het in kaart brengen van de huidige materiaalvoorraad in beheer van waterschappen. Vervolgens is op basis van standaard vervangingstermijnen een inschatting gemaakt van het theoretische materiaalgebruik en bijbehorende milieueffecten op jaarbasis voor de instandhouding van het bestaande areaal.

JAARLIJKSE MONITORING VAN AANLEG, VERVANGING EN ONDERHOUDSACTIVITEITEN

Voor monitoring van klimaat- en circulaire doelen van materiaalgebruik is het nodig om met vaste frequentie te monitoren om veranderingen in de tijd te kunnen meten en bijsturen. Om de effecten van circulair materiaalgebruik te kunnen monitoren is de in deze studie gehanteerde theoretische benadering onvoldoende en zal het actuele materiaalgebruik per jaar moeten worden gemonitord. Hiervoor is nodig dat aanleg, vervanging en onderhoudsactiviteiten in bepaald jaar worden vertaald naar materiaalgebruik en hieraan gerelateerde milieu- en klimaateffecten. Voor de aanleg van objecten zou in principe de database uit dit project als startpunt kunnen worden gebruikt. Maar voor een meer realistisch en actueler beeld is nodig dat deze database wordt uitgebreid met meer en ook nieuwe referentie-ontwerpen. Zeker als de ontwerpen steeds meer circulair worden is het nodig dat de referentie-database hierin meegroeit. Bijvoorbeeld als voor een RWZI volgens het modulaire Verdygo concept wordt gebouwd zal hiervan ook een referentie-ontwerp beschikbaar moeten zijn. Daarnaast is nodig dat er ook referentie-ontwerpen worden toegevoegd voor het uitvoeren van groot onderhoud of vervangingen van onderdelen van een object.

OBJECTENBIBLIOTHEEK

Om dit mogelijk te maken is het nodig dat op een centrale plaats continu referentie-ontwerpen kunnen worden toegevoegd door een brede groep gebruikers. De *objectenbibliotheek in DuboCalc* zou hier een geschikte optie voor zijn. In de objectenbibliotheek kunnen standaard objecten van waterschappen worden ingevoerd en ook continu worden aangevuld door gebruikers. De objectenbibliotheek kan vervolgens worden gebruikt door een waterschap om voor een bepaald jaar de materialisatie en milieu-impact van aanleg, vervanging en onderhoudsactiviteiten te bepalen. Bijkomend voordeel is dat DuboCalc gekoppeld is aan de NMD en daarmee uniforme bepalingsmethode en gebruik van geverifieerde milieu-impact data is geborgd die ook automatisch worden geüpdatet. De provincie Noord-Holland heeft dit jaar als eerste GWW-beheerder op deze wijze in DuboCalc de CO_2-impact van de aanleg, beheer en onderhoud van haar assets bepaald. De uitkomsten van deze berekening kunnen input geven voor de bepaling van de scope 3 emissies van materiaalgebruik voor de Klimaatmonitor. Mochten waterschappen ervoor kiezen gebruik te gaan maken van DuboCalc en de opbouw van een gezamenlijke objectbibliotheek dan is het raadzaam om met Rijkswaterstaat eerst afspraken

hierover te maken. Als eerste stap zou de objectdatabase die in kader van deze opdracht is ontwikkeld kunnen worden toegevoegd aan de Objectenbibliotheek in DuboCalc. Verder is het wenselijk dat afspraken worden gemaakt over het op een uniforme wijze materiaal informatie wordt vastgelegd.

Voor de monitoring van de bijdrage van waterschappen aan de circulaire economie zou kunnen worden aangesloten bij de jaarlijkse benchmark enquêtes voor bedrijfsvergelijkingen en/of klimaatmonitor door de Unie van Waterschappen.

6.6 VERVOLGSTAP: FACILITEREN HERGEBRUIK

6.6.1 STRATEGISCH MATERIAALBEHEER

Om toe te werken naar volledige circulair aanleg en beheer van assets is inzicht in het bestaande areaal en monitoring van verandering alleen niet voldoende, maar zal ook vooruitgekeken moeten worden. Bijvoorbeeld kunnen voorspellen in hoeverre vrijkomende grondstoffen en materialen uit sloop/demontage van bestaande assets kunnen voorzien in de materiaalvraag voor nieuwbouw van assets. Of in hoeverre vrijkomende grond uit gebiedsontwikkeling kan voorzien in de behoefte bij dijkversterking. Strategisch materiaalbeheer gaat over de vragen of een waterschap in eigen materiaalbehoefte kan voorzien, bij welke materialen dat niet kan, en wat mogelijke alternatieven hiervoor zijn. Bijvoorbeeld zijn er vrijkomende elementen of materialen van anderen beschikbaar.

Om deze vragen te beantwoorden is in de eerste plaats inzicht nodig in het huidige areaal (stap 1). Vervolgens is inzicht nodig in toekomstige vraag naar materialen voor de aanleg en onderhoud van het areaal en welke materialen vrijkomen (stap 2). Op basis van dit inzicht kan tactiek worden bepaald voor aanleg en beheer van specifieke asset (stap 3). Bijvoorbeeld het bevorderen van hoogwaardig hergebruik door modulair te gaan bouwen, of het 'circulair slopen' van bestaande objecten. In de realisatiefase (stap 4) wordt de aanpassing in het areaal daadwerkelijk doorgevoerd en veranderd daarmee de materiaalvoorraad. Dit proces is weergegeven in onderstaand schema.

AFBEELDING 6.3 STROOMSCHEMA CIRCULAIR ASSETMANAGEMENT

6.6.2 MAKEN VAN MATERIAALPROGNOSES

Om de toekomstige vraag en aanbod in kaart te brengen moet de programmering van aanleg, beheer en sloop van assets worden vertaald in een materialisatie. Dit kan op een vergelijkbare wijze zoals ook is gedaan bij het in beeld brengen van het huidige areaal. In aanvulling op de

materialisatie is ook inzicht nodig in de volgende drie aspecten:

- plaats: de geografische locatie van bestaande of nieuw te bouwen objecten;
- tijd: moment waarop materiaal vrijkomt (aanbod), of periode waarin nieuwbouw wordt gerealiseerd (vraag);
- mate van standaardisatie van het ontwerp. Dus in welke mate is sprake van gestandaardiseerde afmetingen en specificaties die breed toepasbaar zijn, of dat sprake is van maatwerkontwerp.

Hiermee kunnen prognoses worden gemaakt van wanneer (tijd) en waar (plaats) welke materialen nodig zijn en welke materialen vrijkomen. Hiermee kan je gericht opzoek gaan hergebruik kansen binnen je eigen areaal, maar ook daar buiten bij andere waterschappen of andere beheerders (Rijkswaterstaat, provincies of gemeenten). Voor de materiaaluitwisseling tussen verschillende asset beheerders zou het interessant zijn om samen een platform te ontwikkelen om deze informatie te delen. In onderstaand tekstkader is een voorzet gegeven voor de ontwikkeling van een dergelijk platform: het Infra Material Mine Model (IM3).

WENKEND PERSPECTIEF: PLATFORM INFRA MATERIAL MINE MODEL (IM3)

Waterschappen en andere beheerders in de GWW zouden gezamenlijk een Infra Material Mine Model (IM^3) kunnen ontwikkelen waarmee individueel en gezamenlijk materiaalstroomanalyses, prognoses (en impactanalyses), en materiaal matchmaking kan worden uitgevoerd. Met een dergelijke applicatie kunnen prognoses worden gemaakt en in een dasboard gevisualiseerd, en tevens in een GEO-viewer geprojecteerd,. Het dashboard en GEO-viewer kan dan laten zien op welk tijds(periode) welke materialen waar vrijkomen bij sloop en wat de verwachte herbruikbaarheid is, van welke materialen per tijdsperiode nodig zijn voor nieuwbouw en de milieu-impact hiervan. De in dit onderzoek ontwikkelde database zou hiervoor een start kunnen vormen voor het omrekenen van assetmanagement programmering naar materiaalstromen.

7

DISCUSSIE

De materiaalvoorraadanalyse die de basis vormt van deze studie is uitgevoerd op grootschalig niveau. Met andere woorden, de resultaten zijn niet gedetailleerd, maar dekken wel een grote variëteit aan assets, verspreid over een groot gebied. De materiaalvoorraadanalyse, gepresenteerd in dit onderzoek, is namelijk gebaseerd op data van het gehele areaal van zes waterschappen. Hiermee is een algemeen beeld gecreëerd van assets binnen de waterschappen. De resultaten per waterschap zijn separaat in factsheets gepresenteerd.
Het presenteren van de gemiddelde resultaten voor de zes waterschappen, brengt ook beperkingen met zich mee. Deze beperkingen komen in dit hoofdstuk aan bod.
De gepresenteerde voorbeelden (in hoofdstuk 5) bieden inspiratie en diepgang voor asset-specifieke uitwerkingen van het circulair assetmanagement. Dit is echter slechts een greep uit een breed scala aan mogelijkheden die per situatie op toepasbaarheid en duurzaamheid beoordeeld moeten worden voordat deze toegepast worden.

7.1 SCHAALNIVEAU

De insteek van dit onderzoek was om inzicht te geven van materiaalgebruik van alle assets en voor het totale areaal in beheer van waterschappen omdat dit overzicht ontbrak. De zes waterschappen liggen verspreid over het land en vertegenwoordigen verschillende geografische gebieden waarvoor het mogelijk is om een vertaling te maken naar landelijke waarden en een gemiddelde waterschap. Hier staat tegenover dat elk waterschap unieke kenmerken heeft en de resultaten niet 1 op 1 zijn door te vertalen naar andere waterschappen. Door het grote schaalniveau is ook het detailniveau per asset beperkt. Ook de diversiteit aan assets - van dijken tot rioolwaterzuiveringen - beperkt de asset-specifieke benadering enigszins en daarmee ook het detailniveau van de analyse.

7.2 VEREENVOUDIGINGEN

Om het grootschalige niveau te kunnen beschrijven zijn vereenvoudigingen nodig. Deze vereenvoudigingen bevinden zich onder andere in vereenvoudigingen in materialisatie van objecten zoals beschreven in de achtergrondrapportage. Daarnaast zijn aannames gemaakt om ontbrekende data aan te vullen en is een reductionistische benadering gehanteerd, waarin systeemafhankelijkheden beperkt zijn meegenomen. Dit uit zich in geaggregeerde resultaten en grote onzekerheidsmarge.

Een voorbeeld hiervan is het categoriseren van objecten. Hierbij worden bijvoorbeeld rioolwaterzuiveringen geclassificeerd als klein, middel of groot om met een beperkt aantal referentieobjecten de totale materialisatie te bepalen van alle objecten. Specifieke eigenschappen, zoals afwijkende zuiveringstechnieken die tot andere materialisatie leiden, worden daardoor niet expliciet meegenomen in het totaal.

7.3 BEPERKINGEN REKENMETHODE

Het grootschalige niveau betekent dat op hoog niveau een orde grootte inschatting mogelijk is voor materiaalgebruik, milieu-impact, klimaatimpact en circulariteit. Dit houdt echter ook in dat gedetailleerde vergelijkingen, bijvoorbeeld op individueel objectniveau beperkt mogelijk is.

DATA

De beperkingen van de rekenmethode komen voort uit beperkte datakwaliteit vanuit onvolledige aangeleverde data, afrondingen in berekening en categorisering van de data. Dit heeft als gevolg dat de volledigheid van de resultaten beperkt is en onzekerheden door verschillende aannames geïntroduceerd zijn.

REKENMETHODIEK

De rekenmethodiek, zoals beschreven in de achtergrondrapportage, benadert op verschillende wijze de objectcategorieën. Voor alle gevallen geldt dat een vereenvoudiging gemaakt is, ofwel door referentieobjecten te gebruiken, grove benadering van afmetingen of materialisatie. De nauwkeurigheid van rekenmethodiek wordt in achtergrondrapportage toegelicht.

KENGETALLEN MILIEU- EN KLIMAATIMPACT

De toegepaste kengetallen voor milieu- en klimaatimpact zijn afkomstig uit de Nationale Milieu Database. Hiervoor is gebruik gemaakt van DuboCalc 5.1. Deze database is tijdens het uitvoeren van dit onderzoek uitgebreid en zal dit continu blijven doen. Er is dus risico dat deze kengetallen zijn- of worden bijgesteld, wat tot andere resultaten kan leiden. De in onderhavig onderzoek gepresenteerde milieu- en klimaatimpact is dus indicatief en moet worden gezien als een momentopname. De keuze voor representatieve kengetallen en vereenvoudigingen is gebaseerd op expert judgement en in aansluiting op hogere schaalniveau van dit onderzoek. Andere uitgangspunten zullen van zelfsprekend tot afwijkende inzichten kunnen leiden. De methode en toegepaste kengetallen worden beschreven in de Achtergrondrapportage Rekenmethodiek.

VERGELIJKING MET BROEIKASGASEMISSIES GEBRUIKSFASE

Om een beeld te geven van de verhouding van de ingebedde milieueffecten vanuit aanleg en beheer van het areaal versus operationele- of gebruiksfase zijn diverse aannames gedaan en dit moet gezien worden als een grove en theoretische benadering. De omrekening van de materiaalvoorraad naar een materiaalgebruik per jaar berust op grove aannames op levensduur en houden geen rekening met de samenstelling van de voorraad en gaan uit van een gelijkblijvende voorraad doordat het enkel vervangingen meeneemt.

Daarnaast zijn de broeikasgasemissies gebaseerd op het klimaatmonitor waterschappen jaarverslag 2020[68]. Hierin is voor verschillende waterschappen bepaald wat de operationele broeikasgasemissies zijn. Echter, de Bepaling van biogene broeikasgassen en de inkoop van groene energie wordt op het moment van schrijven aangepast in de Klimaatmonitor. In sommige gevallen kan dit leiden tot een veelvoud van de huidige gebruiksfase emissie. De in dit onderzoek uitgevoerde vergelijking is dus indicatief en laat zien dat broeikasemissies gerelateerd aan materiaalgebruik er toe doen. Echter, de berekeningswijze is te grof om hier absolute conclusies aan te verbinden.

68 Deze getallen zijn vertekend zijn in relatie tot scope 1/2 en 3 en in relatie tot emissies van lachgas en methaan (deze zijn nog niet in beeld). De klimaatmonitor zit op het moment van schrijven in een overgang van rekenmethode voor deze emissies.

GEVOELIGHEID

De onzekerheden en aannames die gemaakt zijn om tot de resultaten in deze studie te komen zorgen voor onzekerheid. Het effect dat een onzekerheid of aanname heeft op het resultaat verschilt. Sommige resultaten zijn zeer gevoelig voor een aanname, andere juist helemaal niet. Het effect kan uitvergroot worden in verschillende achtereenvolgende rekenstappen waarin aannames worden gestapeld, bijvoorbeeld van geometrie, naar massa en vervolgens milieu- en klimaatimpact. Om een indicatie te geven van de gevoeligheid van de resultaten op onderliggende aannames, wordt de gevoeligheid van transportleidingen nader toegelicht in onderstaand tekstkader.

GEVOELIGHEID RESULTATEN

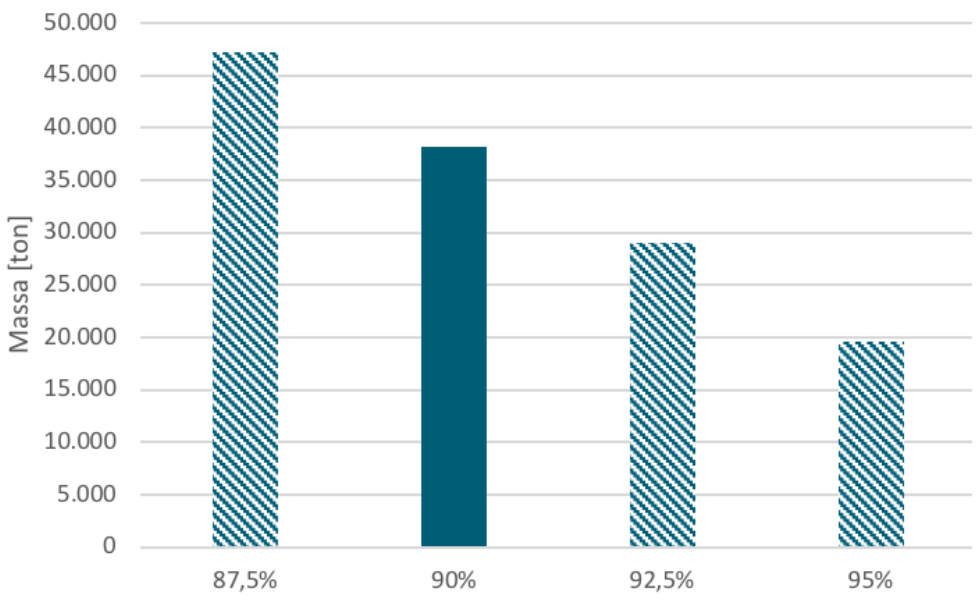
Voor transportleidingen wordt door middel van lengte en buitendiameter het volume berekend en vervolgens met de dichtheid van het betreffende materiaal, de massa.
Hiervoor is het nodig een inschatting van de binnendiameter te maken. Deze inschatting is dat de binnendiameter circa 90 % is van de buitendiameter. Deze waarde verschilt echter per type leiding door verschillen in diameter en materiaal[69] [70]. Bijvoorbeeld:

- een betonnen leiding van 2420 mm uitwending heeft een inwendige diameter van 2000 mm (82,6 %);
- een betonnen leiding van 835 mm uitwendig heeft een inwendige diameter van 700 mm (83,8 %);
- een stalen leiding van 610 mm uitwendig heeft een inwendige diameter van 585 mm (95,9 %);
- een polyetheen (PE) leiding van 315 mm uitwendig heeft een inwendige diameter van 300 mm (95,2 %).

De diameter in de arealen binnen deze studie varieert van 0,0014 m tot 5 m. De mediaan is hierbij 0,75 m en het gemiddelde 0,84 m. Dit geeft aan dat de meeste leidingen rond de 0,8 m buitendiameter hebben, maar er ook uitschieters zijn. Daarnaast verschilt het per materiaal wat de beste inschatting is, doordat betonnen leidingen vaker een relatief dikkere wanddikte lijken te hebben dan kunststof of stalen leidingen.
Voor massa en milieu-impact houdt de aanname van 90 % daarom in dat er een foutmarge ontstaat. Om inzicht te geven in de gevoeligheid van deze parameter, zijn resultaten voor 87,5 %, 92,5 % en 95 % doorgerekend en vergeleken met de aanname van 90 %.

Dit resulteert in afwijkingen van +23 %, -24 % en -49 % respectievelijk voor zowel massa als MKI en opzichte van de aanname van 90 %. Een kleine variatie in de onderliggende aanname heeft dus een sterk effect op het resultaat. De onderstaande afbeelding geeft dit visueel weer voor massa op basis van een gemiddeld waterschap.

69 https://www.dehamer.nl/producten/buizen/ronde-buizen/700/hapro-700-x-2400/.
70 https://flamcogroup.com/media/files/documentation/Beugelafstanden.pdf.



Dit houdt in dat de resultaten voor transportleidingen en alle andere assets indicatief zijn voor de orde van grootte van massa, milieu- en klimaatimpact. Bij kleine verschillen binnen dezelfde ordegrootte moet daarom de onzekerheid meegenomen worden in de beschouwing hiervan.

7.4 INTERPRETATIE RESULTATEN

De beperkingen van deze studie vragen om zorgvuldige interpretatie van de resultaten. Hierbij moeten uitgangspunten, doelstelling en onzekerheden van deze studie in beschouwing genomen worden. Mogelijke conclusies kunnen daarbij gevormd worden omtrent de ordegrootte materialisatie per waterschap of per objectcategorie om een basis te vormen ter vergelijking en monitoring. Conclusies die betrekking hebben tot individuele objecten of die van hoge nauwkeurigheid uitgaan kunnen niet worden gemaakt op basis van deze studie.

7.4.1 WATERVEILIGHEID

De grote massa zand en klei in dijken ligt in een andere orde van grootte dan de overige assets. In milieu- en klimaatimpact is dit verschil kleiner, maar heeft deze assetcategorie nog steeds een relatief hoge bijdrage. In tegenstelling tot andere assets is de levensduur van dijken erg lang. De materiaalvoorraad is opgebouwd over tientallen tot honderden jaren en zal ook niet snel vrijkomen. Wel worden deze assets uitgebreid en versterkt. De prioritering op basis van massa, milieu- en klimaatimpact wijkt voor waterveiligheid dus af van de overige assets. De overige assets liggen qua levensduur en materiaalsamenstelling dichter bij elkaar.

7.5 VOORBEELDEN CIRCULAIR ASSETMANAGEMENT

De circulaire voorbeelden die in dit rapport worden besproken zijn een greep uit vele circulaire initiatieven en daarom niet uitputtend. Binnen waterschappen is veel expertise aanwezig die op ieder vakgebied op de hoogte zal zijn van de huidige ontwikkelingen. In de nieuwste discipline-specifieke ontwikkelingen, of eigen ideeën en samenwerkingen zijn veel mogelijkheden circulair assetmanagement toe te passen. Ook is het van belang vanuit een brede blik te kijken waarin het totale systeem het effectiefst milieu-impact kan worden gereduceerd. Dit

speelt bijvoorbeeld in de waterketen waarop verschillende plekken in de keten maatregelen genomen kunnen worden die in samenhang moeten worden beschouwd.

PRAKTISCHE TOEPASSING

Toepassing van getoonde circulaire voorbeelden is niet in alle gevallen mogelijk. Hergebruik wordt vaak beperkt door fasering in werkzaamheden, waar veelal een bestaand object in functie behouden wordt tot het nieuwe object gerealiseerd is. Ook kan door projectspecifieke omstandigheden circulaire maatregelen niet per definitie de meest duurzame optie zijn. Bijvoorbeeld wanneer transportafstanden voor hoogwaardig hergebruik zeer groot worden. Per situatie zal ingeschat moeten worden wat de meest duurzame optie is.

FINANCIËLE ASPECTEN

In veel gevallen zijn circulaire initiatieven financieel ook aantrekkelijk, doordat kostbare materialen en werkzaam uitgespaard worden. Ook kan bijvoorbeeld hergebruik in de toekomst financieel voordeel opleveren. Vaak op de kortere termijn is het echter niet zo dat circulaire initiatieven altijd goedkoper zijn, waarvoor budget beschikbaar moet worden gesteld voor investeringen om duurzaamheidsdoelstellingen te behalen.

7.6 MONITORING

Monitoring van de voortgang van circulaire en klimaat doelen is een must. Een belangrijke stap voorwaarts kan worden gemaakt door structureel klimaat (CO_2-eq) en milieu-impact (MKI) van materiaalgebruik te gaan meten. De methode hiervoor is voorhanden met de SBK-bepalingsmethode en gebruik van de NMD. De uitdaging is om dit op een effectieve en uniforme wijze te gaan doen. Dit ervaring uit dit onderzoek heeft laten zien dat de (digitale) informatie van bouwmaterialen binnen waterschappen slecht beschikbaar is. Het opstellen van materiaalpaspoorten kan hierbij helpen en hier zal zeker op moeten worden ingezet, maar gezien de huidige stand van zaken en het ontbreken van een landelijke richtlijn hiervoor is een vlotte uitrol hiervan twijfelachtig. Om op korte termijn en op efficiënte wijze toch met monitoring aan de slag te gaan kan het inschatten van materialisatie van objecten via referentieontwerpen een goed alternatief zijn. Door als waterschappen dit gezamenlijk te gaan doen in de Objectenbibliotheek van DuboCalc kan dit proces worden versneld en ook een uniforme werkwijze worden geborgd.

8

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 CONCLUSIES

In het onderzoek Circulair Assetmanagement Waterschappen zijn de bouwmaterialen in assets van zes waterschappen; Delfland, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Noorderzijlvest, Vallei en Veluwe, waterschap AGV en Zuiderzeeland geanalyseerd. Met deze studie zijn drie belangrijke bouwstenen geleverd om circulair assetmanagement te concretiseren. Ten eerste is de materiaalvoorraad en de hieraan gerelateerde milieu-impact van alle assets in beheer van waterschappen is in beeld gebracht, mogelijke circulaire beheerstrategieën zijn geschetst en tot slot is een methodiek voor monitoring van circulaire en klimaatdoelen van materiaalgebruik is uitgewerkt.

8.1.1 MATERIAALVOORRAAD

Gemiddeld heeft een betrokken waterschap een materiaalvoorraad van circa 27 Mt (0,5 Mt exclusief waterveiligheid). Ervan uitgaande dat de 6 deelnemende waterschappen representatief zijn voor de overige 15 waterschappen in Nederland dan kan de totale massa in het areaal van de 21 waterschappen samen op meer dan 570 Mt (0,6 Gt) worden geschat of 10 Mt exclusief waterkeringen. De totale massa van alle 21 waterschappen van 0,6 Gt t komt neer op meer dan het 7-voudige van de jaarlijkse import en winning van bouwmaterialen (80 Mt) in Nederland.

Het overgrote aandeel in massa van de materialen bevindt zich in de categorie waterveiligheid (waterkeringen). De materiaalvoorraad in waterkeringen is uniek doordat deze over eeuwen is opgebouwd. De waterkeringen bevatten voor een groot deel lokale materialen die niet weggehaald zullen worden. De kansen bij waterkeringen liggen vooral in het circulair uitvoeren van groot onderhoud en versterkingen. Kanttekening hierbij is dat het betrekkelijk moeilijk is om het gebruik van primaire grondstoffen volledig te vermijden, gezien de grote hoeveelheden zand en klei die nodig zijn. De uitdaging hiervoor is om deze zoveel mogelijk lokaal te betrekken en zo toe te passen dat er geen waardeverlies optreedt.

De materiaalvoorraden in de overige objectcategorieën vallen onder watersysteem (poldergemalen, sluizen, duikers, stuwen, beschoeiing), waterketen (rwzi's, transportleidingen, rioolgemalen), utiliteitsbouw en infrastructuur en zijn opgebouwd in de afgelopen decennia. Hergebruik van objecten (of onderdelen daarvan) biedt kansen op hoogwaardig hergebruik en daarmee verlaging van de belasting op het milieu en het gebruik van primaire grondstoffen. Bij objecten waar 1-op-1 hergebruik lastig is kan worden ingezet op ontwerpen voor hergebruik in de toekomst.

Beton en staal zijn hierin de meest voorkomende materialen. Ook op materiaalniveau zijn kansen om het gebruik van primaire grondstoffen te verlagen, zoals de toepassing van betonrecycling, waarbij betonpuin kan worden gebruikt in nieuw beton als granulaat. Voor staal is een hoogwaardige recycling al gebruikelijk. Wel kan worden uitgevraagd om staal met een hoger aandeel recyclaat toe te passen.

8.1.2 MILIEU-IMPACT MATERIAALGEBRUIK

De gemiddelde ingebedde milieu-impact van de huidige materiaalvoorraad per waterschap uitgedrukt als Milieukostenindicator (MKI) is 137 mln EUR en de klimaatimpact in CO_2-equivalenten bedraagt 1,2 Mt CO_2-eq. Vanzelfsprekend hebben waterkeringen een groot aandeel hierin door de grote massa. Opvallend is hier dat materialen met een kleine relatieve massa zoals kunststof, aluminium etc. wel een grote bijdrage aan de milieu- en klimaatimpact leveren door een hoge MKI of CO_2-eq waarde per ton materiaal. Ook zijn er verschillen in materiaaltype in het aandeel MKI en CO_2. Dit laat zien dat bij bepaalde materialen ook andere milieu-effecten relevant zijn, en het goed is om breder te kijken dan enkel de CO_2-impact. Ten slotte is voor hout opmerkelijk dat het een negatieve CO_2-eq impact heeft, wat een gevolg is van de vastlegging van CO_2 in het materiaal en energie opwekking bij einde levensduur.

rwzi's zijn met 36 % het grootste aandeel in massa van het areaal. Voor invloedrijke maatregelen zou dus als eerst naar deze objectcategorie gekeken kunnen worden. Voor CO_2-eq en MKI is dit respectievelijk 26 % en 31 %. Poldergemalen hebben daarna het grootste aandeel massa met 29 % en een aandeel van 21 % voor zowel MKI als CO_2-eq. Slechts 8 % van de massa bevindt zich in transportleidingen, maar door de toegepaste materialen hierin is de CO_2-eq en MKI 21% en 26% respectievelijk.

KLIMAATIMPACT MATERIAALGEBRUIK VERSUS GEBRUIKSFASE

Voor de waterschappen die hebben deelgenomen aan dit onderzoek is de bijdrage aan klimaatverandering van emissies bij de operationele bedrijfsvoering vergeleken met de ingebedde bijdrage in assets (exclusief waterkeringen). De resultaten laten zien dat de jaarlijkse broeikasgasemissies door vervangingen in het areaal in dezelfde orde-grootte liggen als operationele emissies uit de Klimaatmonitor. Gemiddeld is de operationele emissie 73 % hoger dan de emissie uit vervanging van assets (exclusief waterkeringen). Echter lopen de verhoudingen uiteen van +11 % tot +134 %. Door veranderingen in uitgangspunten en ontbreken van ophogingen van waterkeringen kan deze verhouding nog sterk verschillen. Daarom wordt het resultaat ook geïnterpreteerd als gelijk in orde grootte.

Deze inschattingen gaan uit van grove aannames op levensduur, houden geen rekening met de samenstelling van de voorraad en gaan uit van een gelijkblijvende voorraad doordat het enkel vervangingen meeneemt. Ook zijn recente ontwikkelingen in de Klimaatmonitor omtrent biogene CO_2-emissies en inkoop van groene stroom niet meegenomen. Daarnaast worden methaan en lachgas emissies mogelijk op korte termijn ook in de Klimaatmonitor opgenomen.

De in dit onderzoek uitgevoerde vergelijking is dus indicatief en laat zien dat broeikasemissies gerelateerd aan materiaalgebruik er toe doen.

De bijdrage van de gebruiksfase verschilt sterk per categorie, waarbij bijvoorbeeld oeverbeschoeiing met name de ingebedde emissies van de materialisatie bijdragen en bij rioolwaterzuiveringsinstallaties juist de gebruiksfase. Voor een juiste implementatie van maatregelen die circulariteit en duurzaamheid nastreven moet rekening gehouden met het gehele systeem en de volledige levenscyclus (aanleg, gebruik en eindelevensduur). Dit geeft een goed beeld waar de grootste kansen liggen en voorkomt mogelijke probleemverschuivingen.

8.1.3 CIRCULARITEIT

Gezien het grote aandeel massa zand en klei in de categorie waterveiligheid, bestaat het areaal van de waterschappen bijna volledig uit primair materiaal. Dit materiaal ligt er echter al lange tijd, zal niet snel vervangen worden en kan in veel gevallen goed hergebruikt worden.

Het huidige areaal exclusief de categorie waterveiligheid is gemiddeld ongeveer 13% circulair op basis van de Material Circularity Indicator. Dit deel van het areaal van de waterschappen bestaat daarmee uit circa 5% hernieuwbaar materiaal (hout), 1,8-3,5 % recyclaat (met name uit staal) en 96,5-98 % primair materiaal (met name beton). Bij einde levensduur zijn deze materialen opnieuw in te zetten als grondstof of secundaire bouwstof.

LEVERINGSZEKERHEID MATERIALEN

De Europese Unie heeft een aantal materialen als 'kritiek' aangeduid, wat inhoudt dat deze van groot economisch belang zijn en er grote kans is op leveringsproblemen. Binnen de waterschappen zijn deze materialen in beperkte hoeveelheden aanwezig en zijn binnen deze studie door beperkt detailniveau niet verder in kaart gebracht. Wel zijn leveringsrisico's voor de meest voorkomende materialen binnen waterschappen in kaart gebracht. Er is vastgesteld dat het aanbod van zand, grind en klei fluctueert doordat dit in veel gevallen bijproducten zijn van projecten als 'Ruimte voor de Rivier'. Hierdoor kan het zijn dat kortstondige leveringsproblemen voor vertraging zorgen. Lokaal hergebruik en optimalisatie van materiaalgebruik kan de afhankelijkheid en daarmee het risico wegnemen. In beton wordt grind gebruikt wat daarnaast kan worden vervangen door betonpuin. Ook voor cement zijn enkele risico's, naast de hoge milieu-impact van cement (met name CO_2) is de Nederlandse cementproductie gevoelig voor verstoring door afhankelijkheid van de staalindustrie.

Bij hergebruik van materialen is het van belang goed zicht te hebben op zorgwekkende stoffen om deze waar mogelijk uit te faseren of op een juiste manier te beheren.

8.2 AANBEVELINGEN

8.2.1 VERVOLGSTAP 1: CIRCULAIRE STRATEGIE PER OBJECTCATEGORIE

De insteek van deze studie was op een hoog schaalniveau overzicht te bieden over alle assets in het areaal van waterschappen, zodat op basis hiervan prioritering op milieu-impact en circulariteit kan worden gevormd. De volgende stap is om als waterschap hier zelf mee aan de slag te gaan en per objectcategorie een circulaire assetmanagement strategie te ontwikkelen.

Hiervoor is het nodig de materiaalstroom- en milieu-impactanalyse per objecttype te detailleren en verschillende strategieën nader te onderzoeken. Hierbij kan het areaal voor verschillende doeleinden op verschillende schaalniveaus beschouwd worden, zoals op assetcategorie (waterveiligheid, waterketen, watersysteem), objectcategorie (dijken, rwzi's, poldergemalen, et cetera) met daarin meer onderscheid aangebracht of individueel objectniveau.

Er kunnen daardoor specifieke en unieke circulaire oplossingen worden toegepast, passend binnen de context van een individueel waterschap of specifieke situatie. Daarnaast kan een gezamenlijke regionale aanpak samen met gebiedspartners en een landelijke aanpak samen met andere waterschappen of andere beheerders met vergelijkbare assets veel kansen bieden. Dit kan bijvoorbeeld het faciliteren van hergebruik voor objecten (of onderdelen) zijn, die geschikt zijn voor 1-op-1 hergebruik, via een interne of regionale marktplaats. Voor objecten

die niet of slecht 1-op-1 herbruikbaar zijn, kunnen op landelijk niveau afspraken gemaakt worden over standaardisatie en demontabel bouwen om daarmee hoogwaardig hergebruik in de toekomst mogelijk te maken.

8.2.2 VERVOLGSTAP 2: MONITORING VAN KLIMAAT- EN CIRCULAIRE DOELEN

In deze studie is de materiaalvoorraad van de waterschappen uitgedrukt in massa en milieu- en klimaatimpact. Dit biedt echter beperkt inzicht in materiaalstromen en toekomstige milieu- en klimaatimpact. Om de effecten van circulair materiaalgebruik te kunnen monitoren is een materiaalstroomanalyse van de aanleg, vervanging en onderhoudsactiviteiten in een bepaald jaar nodig.
Wij adviseren waterschappen om hiervoor gezamenlijk gebruik te gaan maken van de objectenbibliotheek in DuboCalc. In de objectenbibliotheek kunnen standaard objecten van waterschappen worden ingevoerd en ook continu worden aangevuld door gebruikers. De objectenbibliotheek kan vervolgens worden gebruikt door een waterschap om jaarlijks de materialisatie en milieu-impact van aanleg, vervanging en onderhoudsactiviteiten te bepalen. Bij komend voordeel is dat DuboCalc gekoppeld is aan de NMD en daarmee uniforme bepalingsmethode en gebruik van geverifieerde en actuele milieu-impact data is geborgd. Als eerste stap zou de objectdatabase die in kader van deze opdracht is ontwikkeld kunnen worden toegevoegd aan de Objectenbibliotheek in DuboCalc.

De uitkomsten kunnen dan als input worden gebruikt voor de bepaling van de scope 3 emissies van materiaalgebruik voor de Klimaatmonitor en ook voor de CO_2-prestatieladder. Voor de monitoring van de bijdrage van waterschappen aan de circulaire economie zou kunnen worden aangesloten bij de jaarlijkse benchmarkenquêtes voor bedrijfsvergelijkingen en/of klimaatmonitor door de Unie van Waterschappen.

8.2.3 VERVOLGSTAP 3: FACILITEREN HERGEBRUIK

Om de toekomstige vraag en aanbod in kaart te brengen moet de programmering van aanleg, beheer en sloop van assets worden vertaald in een materialisatie. Dit kan op een vergelijkbare wijze zoals ook is gedaan bij het in beeld brengen van het huidige areaal. In aanvulling op de materialisatie is ook inzicht nodig in de volgende drie aspecten:

- plaats: de geografische locatie van bestaande of nieuwe te bouwen objecten;
- tijd: moment waarop materiaal vrijkomt (aanbod), of periode waarin nieuwbouw wordt gerealiseerd (vraag);
- mate van standaardisatie van het ontwerp. Dus in welke mate is sprake van gestandaardiseerde afmetingen en specificaties die breed toepasbaar zijn, of dat sprake is van maatwerk ontwerp.

Hiermee kan je niet alleen prognoses maken maar kan je ook concreet bepalen wanneer en op welke plek materialen vrijkomen en kan je gericht op zoek gaan mogelijke hergebruikkansen binnen je eigen areaal, maar ook door andere waterschappen of ander beheerders (Rijkswaterstaat, provincies of gemeenten). Voor de materiaaluitwisseling met andere partijen zou het interessant zijn om samen een platform te ontwikkelen om deze informatie te delen. Belangrijke randvoorwaarde is dat eerst landelijke afspraken worden gemaakt voor het vastleggen van bouwinformatie (in materiaalpaspoorten) en over data uitwisseling tussen organisaties. Namens de waterschappen zou het Informatiehuis Water een faciliterende rol kunnen vervullen voor de (landelijke) ontwikkeling en beheer van een standaard voor de vastlegging van basisgegevens die input vormen voor prestatie indicatoren voor efficiënt materiaalgebruik, milieueffecten en materialenpaspoorten.

BIJLAGE 1

LOPENDE ONTWIKKELINGEN MONITORING

Tijdens de uitvoering van deze studie is contact geweest met een aantal organisaties met betrekking tot het meten van circulaire economie en het leveren of vastleggen van informatie hiervoor. Onder een beknopte weergave van de voornaamste lopende ontwikkelingen.

PBL: BELEIDSBRIEF MOGELIJKE DOELEN VOOR EEN CIRCULAIRE ECONOMIE

- Op 14 juli 2021 heeft staatssecretaris Van Veldhoven de Beleidsbrief 'Mogelijke doelen voor een circulaire economie' opgesteld door Plan Bureau voor de Leefomgeving (PBL) aangeboden aan de Tweede Kamer. Deze beleidsbrief gaat in op de concretisering van de doelen voor een circulaire economie in 2050. PBL adviseert om de doelen niet enkel te richten op het *efficiënter omgaan met grondstoffen* (input, gebruik, output en waardebehoud) maar ook aandacht te geven aan de *milieu- en sociaaleconomische effecten* van circulaire economie, zoals klimaatverandering, milieuverontreiniging, verlies van biodiversiteit en leveringsrisico's. Bij effecten wordt geadviseerd om te focussen op productgroepen in plaats van afzonderlijke grondstoffen, zodat rekening kan worden gehouden met de gehele levenscyclus van producten. Daarnaast geeft PBL aan dat het belangrijk is om ook prestatiedoelen te formuleren gericht op het versnellen van het transitieproces naar een circulaire economie. Bijvoorbeeld prestatiedoelen voor:
- beleidsinterventies gericht op het wegnemen van barrières voor hergebruik;
- het vorderen van circulaire oplossingen, zoals de ontwikkeling van richtlijnen of ontwerpnormen voor modulair bouwen;
- het creëren van de juiste middelen, capaciteit, financiering en andere randvoorwaarden.

PLATFORM CB'23: LEIDRAAD METEN CIRCULARITEIT IN DE BOUW

In de Leidraad 'Meten van Circulariteit, Werkafspraken voor een circulaire bouw' (Versie 2.0 – 2 juli 2020) heeft CB'23 een aanzet gedaan voor het meten en monitoren van de doelen voor circulariteit in de Bouw en GWW. Hierbij wordt grotendeels aangesloten bij bestaande methoden, zoals de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW en de Nationale Milieudatabase (NMD). In de leidraad wordt uitgegaan van 3 kerndoelen voor circulariteit:

1. *beschermen materiaalvoorraden;* hiervoor zijn kernindicatoren benoemd voor de hoeveelheid gebruikt materiaal, de hoeveelheid die beschikbaar is voor de volgende levenscyclus (hergebruik) en de hoeveelheid verloren materiaal. Hiervoor kan grotendeels gebruik worden gemaakt van de materialenbalans uit een milieugerichte Levenscyclus Analyse (LCA);
2. *beschermen milieu;* de kernindicatoren voor bescherming van het milieu sluiten grotendeels aan bij de milieueffectcategorieën uit de SBK/NMD en de Europese standaarden voor het uitvoeren van een LCA;
3. *beschermen bestaande waarde;* voor het beschermen van de bestaande waarde zijn geen bestaande indicatoren en meetmethoden beschikbaar. Wel geeft de leidraad een aanzet voor mogelijke indicatoren.

NATIONALE MILIEUDATABASE (NMD)

De nationale milieudatabase geeft gestandaardiseerde en gecontroleerde milieudata over bouwstoffen, bouwmaterialen en gebouwinstallaties. Per 1 januari 2021 is de structuur van

de Nationale Milieudatabase (NMD) aangepast waarbij ook transparante en vergelijkbare circulaire prestaties van bouwproducten en bouwinstallaties worden meegenomen. In de nieuwe structuur zijn bijvoorbeeld productspecificaties opgenomen die betrekking hebben op de grondstoffenbalans en herbruikbaarheid van materialen. Echter, deze aanpassing van de NMD geldt alleen voor nieuwe LCA's die worden toegevoegd aan de NMD. Dit betekent dat komende jaren de productdata in de NMD geleidelijk volgens deze nieuwe structuur zal worden gevuld. Hoe snel dit proces zal gaan en wanneer de gehele NMD database voldoet aan deze nieuwe eisen voor circulaire prestaties indicatoren is lastig te voorspellen, maar dit zal naar verwachting een proces van meerdere jaren zijn.

DUBOCALC EN ONTWIKKELING OBJECTENDATABASE

DuboCalc is een softwaretool om snel en eenvoudig de milieukosten van ontwerpvarianten van GWW-werken te berekenen. DuboCalc is eigendom van Rijkswaterstaat, maar wordt door veel opdrachtgevers en opdrachtnemers in de GWW gebruikt voor het onderzoeken van varianten en het schrijven en beoordelen van (EMVI) aanbestedingen van GWW-werken. In 2021 is zogenaamde *Objectenbibliotheek* toegevoegd aan DuboCalc. In de Objectbibliotheek worden referentie-ontwerpen opgenomen van veel voorkomende GWW objecten. Belangrijk voordeel is dat hiermee relatief eenvoudig een inschatting van potentiële milieu-impact kan worden verkregen zonder dat de gebruiker zelf een ontwerp hoeft te maken en in te voeren. Onlangs is door het HWBP een handreiking opgesteld 'DuboCalc in dijkversterkingen'[1]. Deze handreiking heeft als doel om toelichting te geven op het gebruik van de objectenbibliotheek in DuboCalc, waarin specifieke objecten voor dijkversterkingen zijn uitgewerkt.

KLIMAATMONITOR WATERSCHAPPEN

De Klimaatmonitor Waterschappen geeft jaarlijks een overzicht van de voortgang van de ambities van de waterschappen voor klimaat en duurzaamheid. Hiermee geeft het een beeld van de waterschapssector als geheel en die van de afzonderlijke waterschappen. De monitor is een instrument voor de waterschappen om te sturen op beleid en projecten op het gebied van CO_2-reductie, energiebesparing en duurzame energie. Ook circulaire economie wordt als onderdeel meegenomen in de Klimaatmonitor. Voor dit thema gaat het op dit moment nog vooral om de kwalitatieve monitoring van prestatie-indicatoren over het transitieproces naar circulaire economie. Op dit moment worden nog geen daadwerkelijke hoeveelheden bouwmaterialen en/of hieraan gerelateerde milieueffecten gemonitord. Dit heeft te maken met de beperkte beschikbaarheid van deze gegevens binnen de waterschappen. In de toekomst behoort dit wel tot de mogelijkheden indien hiervoor tussen de waterschappen en goede monitoringsaanpak wordt afgesproken. Onder de vlag van UvW is een werkgroep opgericht om te verkennen op welke wijze circulariteit door Waterschappen gemonitord zou moeten worden. Het doel is om medio 2022 met een advies hierover te komen.

CIRCULAIRE PEILER

In kader van HWBP-project dijkversterking Grebbedijk is de Circulaire Peiler ontwikkeld[2] (zie onderstaand tekstkader). De toegevoegde waarde van de circulaire peiler is dat het naast een drietal kwantitatieve indicatoren, namelijk MKI, CO_2-impact en Circulariteit Index (CI) ook een kwalitatieve beoordeling geeft van de bijdrage van een project aan 8 circulaire ontwerpprincipes. Hiermee wordt ook de inspanning die in een planstudie of ontwerpproces wordt geleverd om te komen tot een circulair project gewaardeerd. Hiermee wordt op projectniveau inzichtelijk gemaakt welke bijdrage wordt geleverd aan de transitie naar een circulaire economie.

1 https://www.hwbp.nl/innoveren/documenten/handreikingen/2021/11/26/handreiking-dubocalc-in-dijkversterkingen.
2 https://www.grebbedijk.com/kennisbank/Rapportage_Circulaire_peiler_Grebbedijk_v2.0.pdf.

INFORMATIEHUIS WATER

Het Informatiehuis Water (IHW) is een samenwerkingsprogramma van Rijkswaterstaat, de waterschappen en de provincies voor een eenduidige, toegankelijke en bruikbare informatie uitwisseling over water. Het IHW is de schakel tussen waterbeheerders en gebruikers van informatie over water en werkt aan vraagsturing, standaardisatie en uniformering van de inwinning, opslag, verwerking van waterinformatie en de toegang ertoe. Via het IHW wordt op dit moment al objectinformatie gedeeld. Echter, het verschilt per object welke informatie er beschikbaar is en hoe compleet dit is. Voor bijvoorbeeld duikers is er in sommige gevallen een diameter gegeven. In alle gevallen ontbreekt het type/materiaalsoort. Daarnaast leveren niet alle waterschappen objectdata aan. Het IHW zou in de toekomst een faciliterende rol kunnen vervullen voor de (landelijke) ontwikkeling en beheer van een standaard voor de vastlegging van basisgegevens (in materiaalpaspoorten) voor het bepalen van prestatie indicatoren voor efficiënter omgaan met grondstoffen en reduceren milieueffecten.

MATERIALENEXPEDITIE: ACTIEONDERZOEK NAAR PRAKTIJKERVARINGEN MET MATERIALENPASPOORTEN IN DE GWW

In opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) is door Copper8 onderzoek gedaan naar de huidige status van materiaalpaspoorten in de GWW-sector en advies voor hoe verder[3]. Eén van de centrale vragen van het rapport (onder andere als reactie op een motie vanuit de Tweede Kamer) is of het materiaalpaspoort wettelijk verplicht zou moeten worden. De hoofdconclusie is dat wettelijke verplichting wel degelijk zorgt voor opschaling van materiaalpaspoorten in de GWW, maar dat op dit moment een belangrijke randvoorwaarde - namelijk standaardisatie van data zodat data-uitwisseling mogelijk is - nog ontbreekt. Het advies is een landelijk afsprakenstelsel te ontwikkelen vanuit het Digitaal Stelsel Gebouwde Omgeving (DSGO) en marktpartijen hier actief in te betrekken.

3 Materialenexpeditie: actieonderzoek naar praktijkervaringen met materialenpaspoorten in de GWW, Copper8, september 2021