

# Infrastructure as a Service: Een analyse van de circulaire effectiviteit De Circulaire weg 2022





*Juni 2022*

*DEFINITIEVE VERSIE*

*"Wegen zijn gemaakt voor reizen, niet voor bestemmingen."*

*Confucius*

*"Iemands bestemming is nooit een plek, maar eerder een nieuwe manier om dingen te zien." Henry Miller*

## De circulaire weg partners



Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt met aanvullende bijdragen van



Verslag opgesteld door Daan Schraven en Dominika Alexa Teigiserova met bijdragen van Frederike Noppers

Juni 2022 Nederland

<https://decirculaireweg.nl>

Citeer als: Schraven, D.F.J., Teigiserova, D. A., Noppers, F., 2022. Infrastructure as a Service: Een analyse van de circulaire effectiviteit. De circulaire weg. Juni 2022 Nederland.

## Voorwoord

De voorraden grondstoffen en fossiele energie die de aarde ons kan leveren is eindig. Om op lange termijn in onze behoeften te blijven voorzien als maatschappij zullen wij ons systeem anders moeten inrichten. Van het VERbruiken van grondstoffen naar het GEbruiken ervan. En het eindelijk opnieuw kunnen gebruiken in dezelfde of in andere toepassingen. Het belang van het opbouwen van renewable of regeneratieve systemen wordt ook zeker onderkend in de bouw & infra sector. De Nederlandse overheid wil in 2050 volledig circulair zijn en in 2030 al voor 50%. Een circulaire bouweconomie betekent dat we erin slagen om te voorzien in de sociaaleconomische behoeften aan huisvesting en infrastructuur zonder daarbij de draagkracht van de aarde te overschrijden in de vorm van uitputting, CO<sub>2</sub>-uitstoot, vervuiling, biodiversiteitsverlies en andere milieuschade.

Deze transitie van een lineaire naar een circulaire bouweconomie is een systeemverandering van ongekeerde omvang. Iedere doorbraak op het gebied van circulair inkopen, nieuwe toepassing van materialen of hoogwaardig hergebruik draagt daaraan bij. Maar een versnelling is alleen mogelijk door deze uitdaging systemisch te benaderen. Met alle ketenpartners en met oog voor de sociale, technische en juridische innovaties die nodig zijn.

*"Om circulair te worden, moeten we oefenen in doen wat nodig is"* - Thomas Rau

Een aantal pioniers vanuit verschillende organisaties hebben de handen ineen geslagen om deze uitdaging op systeemniveau aan te gaan. Onze propositie: door Infra as a Service (IaaS) toe te passen kunnen we de circulariteit in infraprojecten een boost geven. De lange termijn visie en het business model creëren de ruimte om te investeren in circulaire innovaties: bij het ontwerp, tijdens de levensduur en bij hergebruik. Dit idee begon met het inzicht bij Dura Vermeer dat met alleen technische innovaties echt circulair werken nog niet tot stand kwam. Wat als de bouwer nu eens eigenaar zou blijven van de materialen, en na aanleg ook verantwoordelijk is voor onderhoud, renovatie, oogst en hergebruik? Gaat dat anders denken en handelen stimuleren? Het concept werd uitgedacht met verschillende experts en de provincie Overijssel sloot zich aan. Aan de hand van hun project werd het model theoretisch getoetst en als haalbaar en circulair gezien. De volgende stap was het toetsen in de praktijk. Om goed de kinderziekten te ondervinden en deze er snel uit te halen werd dit breed opgepakt: in een partnerprogramma. Begin 2020 richtten 11 verschillende organisaties dit programma op om vanuit hun eigen rol en expertise – opdrachtgever, opdrachtnemer, financier en

kennisinstelling – bij te dragen aan het praktijkonderzoek naar Infra as a Service. De TU Delft heeft 5 pilotprojecten uit het programma nauwgezet gevolgd. In dit rapport leest u de bevindingen van hun onderzoek.

Vanuit mijn overkoepelende rol zag ik mooie patronen ontstaan in de pilots. Zo zorgt deze werkwijze bijvoorbeeld voor een ander gesprek tussen opdrachtgever en opdrachtnemer en het delen van de verantwoordelijkheid voor milieu en materialen. Maar we hebben ook weleens ons hoofd gestoten als een idee niet direct uitvoerbaar bleek te zijn. Het leereffect was groot, we zochten een alternatieve oplossing in de pilot of de volgende pilots konden op de schouders van hun voorgangers staan en het model een stapje verder brengen. Niet alle hobbels zijn natuurlijk in 1 serie van pilotprojecten op te lossen. Het toepassen van Infra as a Service heeft ook (potentiële) barrières blootgelegd, op juridisch, sociaal en technisch vlak die verder onderzocht moeten worden. Wat De Circulaire Weg de partners vooral heeft gebracht, in mijn optiek, is de uitdaging om verder te gaan dan ze oorspronkelijk voor mogelijk hadden gehouden. De gezamenlijke drive om een versnelling te creëren naar circulair bouwen heeft ze voortdurend scherp gehouden en ervoor gezorgd dat ze ideeën toetsten in de praktijk en daar weer van leerden. Echte innovatie!

Daarmee hebben de partners van De Circulaire Weg de eerste stappen gezet om tot een systeemaanpak van de gewenste markttransitie te komen. Om de circulaire effecten optimaal te kunnen benutten, de obstakels weg te nemen en het laaS-model op grotere schaal toe te kunnen passen zijn vervolgpiloten en vervolgonderzoek nodig. De Circulaire Weg gaat daarom ook door. In het vervolg zullen we ons richten op vragen als: Hoe kunnen we laaS opschalen? Hoe kunnen we het meten en stimuleren van circulariteit verder ontwikkelen? Welke technologische innovaties volgen dan? Ook zullen we werken aan de samenhang tussen laaS en andere marktinitiatieven om van elkaar te leren en elkaar te versterken in ons streven naar een circulaire bouwconomie in 2050. Het delen van onze inzichten en resultaten met de sector, is daar een 1e stap in.

Ik wil iedereen die heeft bijgedragen aan dit programma van harte bedanken. Zonder jullie lef, oplossingsgerichtheid en volharding hadden we dit resultaat niet kunnen bereiken. En mijn bijzondere dank aan Dominika Teigiserova en Daan Schraven die met veel geduld en precisie verslag hebben gedaan van onze leerervaringen en deze weten te duiden en te vertalen naar interessante inzichten en aanbevelingen. Interessant voor De Circulaire Weg én voor de gehele infrasector.

Frederike Noppers

Programmamanager De Circulaire Weg

## Samenvatting

Dit onderzoek stelt de vraag: *Onder welke voorwaarden leidt het toegepaste As a Service-model op infrastructuur wel of niet tot een hoger niveau van circulariteit en lagere of gelijke levenscycluskosten?*

Om deze vraag te beantwoorden hebben we zeven pilots gevolgd en geëvalueerd die met IAAS in de praktijk experimenteerden bij gemeenten Amersfoort, Utrecht en Amsterdam, en bij provincies Overijssel, Noord-Holland en Noord-Brabant. We keken naar het As-a-Service niveau, de mate van circulariteit en de mate van de kosten. Daarnaast schetsten we ook de onderliggende omstandigheden waarbinnen de pilots zijn uitgevoerd, zoals de organisatorische, financiële en technische overeenkomsten en verschillen.

Op hoofdlijnen kunnen we concluderen, dat iedere pilot een uniek set omstandigheden had, en dat zij ieder een eigen pad hebben bewandeld met het As-a-Service. Dit toont het belang van de contextuele voorwaarden aan voor het opstellen van een succesvol model. Deze voorwaarden hebben we aangetroffen in de patronen die we hebben ontdekt in de gegevens uit deze pilots.

De niveaus van de As a Service-modellen liggen redelijk dicht bij elkaar voor alle pilots, met de mediaan overwegend veel tussen functioneel effecten specificeren (FL1) en functionele oplossingen specificeren (FL2). Ook blijkt Utrecht Croeselaan, als enige niet-AAS, een hoog niveau te hebben (te weten: FL1). De voorwaarde lijkt daarom minder onderscheidend te zijn op het niveau van IAAS ansich. Het lijkt meer te maken te hebben met de directionaliiteit, ofwel richting, die een opdrachtgever meegeeft aan het project. Een hogere mate van directionaliiteit zie je bijvoorbeeld in Utrecht met een uitgesproken sturing op duurzaamheid, zonder een AAS-werkmodel, maar met veel vrijheid voor de aannemer om voorstellen te doen in de gestelde richting. Een hoge mate van directionaliiteit zie je ook bij het AAS-model, zoals Overijssel, met een sterke sturing op duurzaamheid als rode draad binnen een traditionele opdracht. Over het algemeen is bij AAS-modellen, met minder prominent directionaliiteit, te zien dat er richting wordt gegeven in (deels) waardeproposities in duurzaamheid en in een vrij brede reeks vraagitems, met onder andere: veiligheid en onderhoud als onderwerpen.

De initiatiefverdeling van circulariteit leidde bij kleine AAS-opdrachten (PNH, Amersfoort en PNB) met minder instructies door de opdrachtgever tot meer ongevraagd initiatief door de aannemer. Dit leidt echter niet per se tot betere of meer circulariteit. Echter, de opdrachtnemer lijkt wel meer initiatief te nemen op onderdelen van de opdracht waar het in eerste instantie helemaal niet aan de orde is of gevraagd wordt. De aannemer trekt circulaire initiatieven bij een AAS-model met minder directionaliiteit dus breder. Ongevraagde initiatieven kunnen hiermee dus vaker voorkomen. Ze kunnen door lage

directionaliteit een katalysator worden vanuit de markt om neer circulariteit in hun werkzaamheden op te pakken. Daarnaast, zien we dat verregaand samen maatregelen definiëren een zeer effectief model geven (pilot PNB).

Tabel A. Samenvatting van CB23 gegevens voor de pilots uit De Circulaire Weg

Pilot name	MCI scores *			MKI scores **			NCW scores ***		
	(in index van 0 t/m 1)			(in k€)			(in k€)		
	a) Pilot	b) Ref.	c) = a-b MCI Δ	d) Pilot	e) Ref.	f) = d-e MKI Δ	g) Pilot	h) Ref.	i) = g-h NCW Δ
Gemeente Amersfoort <i>Vervanging fietsbrugdekken</i>	0,85	0,98	-0,13 (-13 %)	-	-	-	326	340	-14 (-4%)
Gemeente Amersfoort <i>Reconstructie Dr J.P. Heijelaan</i>	0,64	0,58	+0,06 (+11%)	29	66	-37 (-57%)	-	-	-
Provincie Noord-Brabant <i>Duurzame wegverlichting</i>	0,33	-	-	-	-	-	286	0	+286 (N/A)
Provincie Noord-Holland <i>Geleiderail As a Service</i>	0,81	0,27	+0,53 (+195%)	23	44	-21 (-48%)	244	371	-128 (-34%)
Provincie Overijssel <i>Duurzaam wegbeheer N739</i>	0,43	0,10	+0,33 (+330%)	239	345	-105 (-31%)	985	108	+877 (+811%)
Gemeente Utrecht <i>Reconstructie Croeselaan (niet IAAS)</i>	0,42	-	-	42	123	-80 (-65%)	-	-	-

\*zie rapport voor berekeningsmethodiek

De materiaal circulariteits index (MCI) lijkt over het algemeen toe te nemen bij de gemeten AAS-pilots in vergelijking tot de referentieprojecten. Het is echter wel duidelijk dat lage R-strategieën (bijv. recycling) de kans op onbruikbaar afval vergroten (door verwerking), en daarmee een lagere MCI score, wel groter maakt (bijv. Amersfoort brugdek). AAS lijkt een hogere MCI te genereren bij kleine en omliggende pilots en tevens de referentieprojecten, met name bij Amersfoort en PNH. De omstandigheden lijken met kleine opdrachten overzichtelijk genoeg voor een opdrachtnemer om een omliggende dienst te optimaliseren. Grotere opdrachten lijken een lagere MCI te hebben, ongeacht IAAS of niet, maar kunnen ook grotere winsten pakken bij gerichte klanteisen. Hier moet echter wel bij opgemerkt worden dat de accuratesse van MCI gegevens nog met een ruime bandbreedte en aannames moet worden genomen, gezien de data nog veel volwassener en transparanter dienen te worden.

De milieukosten indicatoren (MKI) lijken in alle pilots te reduceren bij het volgen van IAAS. Daar zit verder ook niet echt een afwijking tussen. Een mogelijke verklaring voor de vrij gelijke kans voor MKI reductie, komt doordat de MKI al een vrij goed bekend en praktisch instrument is voor aannemers. Dit maakt dat de aannemer de instrumenten voor MKI goed kunnen gebruiken en daarmee de MKI parameters goed kunnen worden geoptimaliseerd ten opzichte van een referentieproject. Hier moet echter wel bij opgemerkt worden dat de accuratesse van MKI gegevens nog met een ruime bandbreedte en aannames moet worden genomen, gezien de data nog veel volwassener en transparanter dienen te worden.

Bij de netto contante waarden (NCW) zien we een gemixt beeld van toenames (Provincie Noord-Brabant en Overijssel) en afnames (Gemeente Amersfoort en Noord-Holland) ten opzichte van niet-IAAS referenties. De verandering in scores hangt heel erg af van de geplande interventies aan de voorkant van het As a Service contract. Een toename kan komen door het toevoegen van nieuwe functies aan een asset (zoals dynamisch dimlicht in het geval van Noord-Brabant) ten opzichte van de traditionele start van het contract (referentie). Echter, daar waar een gelijke functie wordt behouden (bijv. bij het fietsbrugdek van gemeente Amersfoort), of een interventie in zowel de pilot als een referentie noodzakelijk is (bijv. bij de geleiderail van Noord-Holland), zullen de scores minder heftig wijzigen, of bij efficiënte invulling zelfs dalen. Het laat zien dat de initiële waarde afhangt van de waardepropositie die wordt ingebracht. De mate van circulariteit zal zich moeten bewijzen in de twee niet meegenomen indicatoren van waardeverlies en behoud over tijd.

De levenscycluskosten van AAS-modellen zijn in de meeste gevallen lager dan de niet-AAS referenties, met uitzondering van PNB. Dit komt doordat deze pilot ook een grote investering omvat in het begin van de opdracht (de plaatsing van dimbare verlichting). Dit maakt dat de totale kosten dus ook hoger uitpakken. Het hoeft echter niet te betekenen dat de circulariteit daarmee slechter wordt. Integendeel, de gemaakte investering kan op de langere termijn hogere circulariteit en lagere kosten betekenen. Het toont daarom met name aan dat AAS zowel circulariteit bevordert en levenscycluskosten voor een deel kan reduceren. Het hangt echter af van de realisatiekosten aan het begin, in hoeverre de kosten hoger of lager zullen uitvallen.

Gezien sommige AAS-modellen een voorafgaande investering vereisen, betekent dat niet iedere AAS vanuit hetzelfde startpunt vertrekken. De financieringsbehoefte is daarmee afhankelijk van de beoogde kosten. Ten eerste, kunnen kleinere projecten waarschijnlijk gefinancierd worden zonder problemen door de aannemer en opdrachtgever direct. Ten tweede, zodra er een grote investering moet gebeuren, dan komt projectfinanciering als een geschikte werkwijze om de hoek. Projectfinanciering zal echter nog wel moeten letten op het managen van risico's en het opstellen van een joint venture. Ten laatste, zodra een consortium van bedrijven korte lijntjes kan houden tijdens de realisatie en onderhoud van een asset, dan kan leasing interessant zijn. In essentie, moeten partijen voor ieder van deze vormen een gezamenlijk risicoprofiel opstellen en een manier vinden om deze gezamenlijk te dragen.

De stakeholder analyse toont ook dat IAAS bij de stakeholders een aantrekkelijke werkwijze is. Een aantal enablers werken in het voordeel daarvan. IAAS heeft echter wel barrières bij de implementatie. Onder andere zijn het niveau van kennis bij uitvoer en bij besluitvormers duidelijke belemmeringen. Het rapport geeft aanbevelingen op basis van de stakeholderanalyse.



Tot slot willen wij deze plaats aangrijpen om onze dank uit te spreken aan de talloze collega's en partners die ons hebben bijgestaan in het vervaardigen van dit rapport. Er zijn ontzettend veel namen om te noemen. Daarom willen wij onze dank als eerste uitspreken aan de belangrijkste groep onderliggend aan deze studie: alle leden en betrokkenen van het partnerprogramma, zonder jullie enthousiasme en energie had deze studie simpelweg nooit kunnen bestaan.

Voor de vervaardiging van het rapport willen wij een aantal personen in het bijzonder bedankt. Het afstudeerwerk van Denise Huizing, Matias Biese, Menouschka Baldew en Sjef Hereijgers hebben een belangrijke basis gelegd voor de studie. Colin Reit en Rijkswaterstaat zijn wij dank verschuldigd voor hun hulp bij de speurtocht naar circulaire metingen via DuboCalc. Daarnaast willen wij ook Marianne Breijer van de Erasmus Universiteit Rotterdam bedanken voor haar attente oog naar de Nederlandse taal in dit rapport. Ten laatste, maar zeker niet als de minste, willen wij Frederike Noppers hartelijk bedanken voor haar rotsvaste hulp binnen het programma.

Ook gaat onze dank uit naar de collega's die ons geïnspireerd hebben gaandeweg het proces. Allereerst de leden van de gebruikersgroep van deze studie (Prof. Hans Bakker, Claartje Vorstman, Paul Janssen, Jeroen van Wijgaarden en Ronald Dirksen). Daarnaast ook de collega's van Inclusive Wise Waste Cities, Triple A Infrastructures bedanken voor hun interesse ten tijde van het onderzoek.

*"Een circulaire weg laat nieuwe dingen zien bij iedere omwenteling."*

Dr. Daan Schraven (TU Delft)

Hoofdonderzoeker De Circulaire Weg

Dr. Dominika Teigiserova (TU Delft / Erasmus Universiteit Rotterdam)

Postdoc fellow De Circulaire Weg

## Afkortingen/woordenlijst

BAU	Business as usual
Bonus/malus	Bonus-geld wordt uitbetaald aan de aannemer; malus-contractor betaalt aan de opdrachtgever
CE	Circulaire Economie
IAAS	Infrastructuur As a Service
LCA	Levenscyclusanalyse
LCC	Levenscycluskosten
MCI	Material Circularity Indicator
MKI	Milieukosten Indicator
NCW	Netto contante waarde

## Inhoudsopgave

Voorwoord .....	III
Samenvatting.....	V
Afkortingen/woordenlijst.....	IX
1. Introductie van het onderzoek, opzet en rapportage.....	1
1.1 Opzet.....	2
1.1.1 As a Service-model.....	2
1.1.2 Maatschappelijke kosten en baten.....	6
1.1.3 Meting randvoorwaarden.....	10
1.2 Methodologisch overzicht.....	12
1.3 Rapportagestructuur .....	14
2. Programma-analyse: gemeenschappelijke kenmerken van IAAS en circulariteit.....	16
2.1 Samenvatting en hoogtepunten.....	16
2.2 Infra As a Service-model .....	18
2.2.1 Verantwoordelijkheid (opdrachtgever, opdrachtnemer onderscheid).....	20
2.2.2 Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transitie en As a Service niveaus .....	20
2.3 Maatschappelijke kosten en baten .....	21
2.3.1 Circulaire metingen .....	22
2.3.2 Levenscycluskosten.....	37
2.4 Financiële modellen.....	38
3. De projecten .....	43
3.1 Pilots Overzicht .....	43
3.2 Amersfoort: Brugdek.....	44
3.2.1 Pilot beschrijving .....	44
3.2.2 As a Service framework.....	45
3.2.3 Hoogtepunten van de pilot .....	50
3.3 Amersfoort: Woonweg .....	50
3.3.1 Pilot beschrijving .....	50
3.3.2 As a Service framework.....	52
3.3.3 Hoogtepunten van de pilot .....	56
3.4 Noord-Holland: Geleiderail .....	57

3.4.1	Pilot beschrijving .....	57
3.4.2	As a Service framework .....	60
3.4.3	Hoogtepunten van de pilot .....	63
3.5	Noord Brabant: Light As a Service .....	63
3.5.1	Pilot beschrijving .....	63
3.5.2	As a Service framework .....	66
3.5.3	Hoogtepunten van de pilot .....	70
3.6	Overijssel: provinciale weg N739 .....	70
3.6.1	Pilot beschrijving .....	70
3.6.2	As a Service framework .....	75
3.6.3	Hoogtepunten van de pilot .....	79
3.7	Amsterdam: Tijdelijke Weg .....	79
3.7.1	Pilot beschrijving .....	79
3.8	Utrecht: Stadsweg (traditioneel contract) .....	81
3.8.1	Pilot beschrijving .....	81
3.8.2	Duurzame en circulaire aspecten .....	83
3.8.3	IAAS-overwegingen .....	86
4.	Stakeholderanalyse: enablers en barrières .....	88
4.1	Samenvatting .....	91
4.2	Enablers .....	92
4.2.1	Contextuele aspecten .....	93
4.2.2	Economische aspecten .....	96
4.2.3	Technische aspecten .....	96
4.2.4	Interorganisatorische aspecten .....	97
4.2.5	Intra-organisatorische aspecten .....	100
4.3	Belemmeringen .....	101
4.3.1	Politieke en legale aspecten .....	101
4.3.2	Intra-organisatorische aspecten .....	103
4.3.3	Interorganisatorische aspecten .....	104
4.3.4	Intra- en Inter-organisatorische aspecten .....	105
4.3.5	Economische aspecten .....	107

4.3.6	Technische aspecten .....	107
4.3.7	Contextuele aspecten .....	107
4.4	Dissensus .....	109
4.4.1	Politieke aspecten .....	109
4.4.2	Economische aspecten .....	110
4.4.3	Technische aspecten .....	110
4.4.4	Intra-organisatorische aspecten .....	113
5.	Aanbevelingen .....	115
5.1	Voorwaarden voor circulariteit met IAAS .....	115
5.2	Van een barrière naar een oplossing .....	118
5.3	10-stappengids .....	124
5.4	De Rondweg 2.0/Verder onderzoek .....	126
Annex 1	.....	128
Verwijzingen	.....	130

# 1. Introductie van het onderzoek, opzet en rapportage

De overgang naar een circulaire economie is van cruciaal belang voor alle sectoren. Het gaat om technologische innovaties die moeten worden ontwikkeld en geïmplementeerd, en de sociale innovaties die daarbij horen. De infrastructuursector staat bekend om zijn rigide marktstructuur, waardoor deze tandem van technologische en sociale innovatie bijzonder moeilijk is. Gelukkig betekent het niet dat actoren binnen de infrastructuursector geen gezonde naïviteit en durf hebben om deze toch zo disruptieve sociale en technische innovaties aan te gaan. Het programma De Circulaire Weg is daar een voorbeeld van.

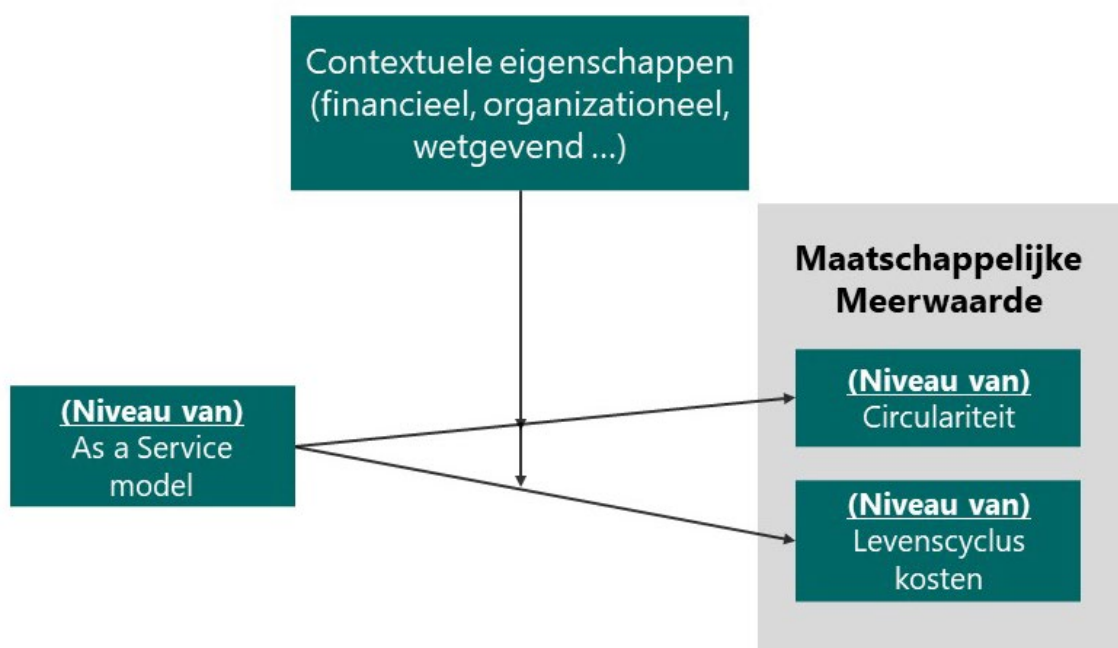
De Circulaire Weg is een tweejarig project om de circulaire meerwaarde te testen van een disruptie in traditionele contractuele afspraken tussen publieke opdrachtgevers en aannemers. Concreet bestaat het uit zeven pilots die experimenteren met een nieuwe contractvorm, het 'As a Service-model'. Het omvat verschillende infrastructuurobjecten, zoals: een brugdek, een woonweg, geleiderails, wegverlichting, een provinciale weg, een tijdelijke weg en een stadsweg. Dit model komt voort uit de literatuur van product-service systemen (ook wel product-dienst combinaties). Het is een soort circulair bedrijfsmodel dat de waarde van een aanbod aan klanten probeert te vertalen via zijn diensten in plaats van de verkochte producten. Het staat bekend om zijn potentiële duurzame resultaten in andere sectoren, zoals de auto- en witgoedsector (Bocken et al., 2018; Tukker, 2004). Door bijvoorbeeld de nadruk te leggen op de service (één wasronde) in plaats van het product (wasmachine), worden een gebruiker en producent zich veel meer bewust van de impact die dat gebruik heeft, in termen van benodigde energie en materiaal. Dit bewustzijn is belangrijk om het intensieve gebruik en de inefficiënte inzet van grondstoffen in deze industrieën tegen te gaan.

Omdat het product-service systeem in deze industrieën succesvol van start is gegaan, kan de doorvertaling van dit bedrijfsmodel naar de infrastructuur industrie mogelijk interessant zijn om te verkennen. Dit is wat het programma De Circulaire Weg faciliteert met haar netwerk van partners, zoals ontwikkelings- en commerciële banken, lokale, regionale en nationale overheden, aannemers, ingenieursbureaus en academische partners. Om de haalbaarheid, levensvatbaarheid en wenselijkheid van het As a Service-model voor infrastructuurprojecten te toetsen, wordt het programma academisch begeleid door de TU Delft om de volgende vraag te beantwoorden: *Onder welke voorwaarden leidt het toegepaste As a Service-model op infrastructuur wel of niet tot een hoger niveau van circulariteit en lagere of gelijke levenscycluskosten?*

Dit rapport geeft antwoord op deze vraag door middel van een reeks onderzoek stappen die zijn uitgevoerd van oktober 2020 tot april 2022. De rest van dit hoofdstuk beschrijft het overzicht van de onderzoeksopzet en rapportage.

## 1.1 Opzet

Het onderzoek is opgesteld aan de hand van het theoretische kader in Figuur 1. Naar aanleiding van de onderzoeksvraag wordt gekeken naar de invloed die As a Service heeft op circulariteit en de levenscycluskosten. Figuur 1 toont deze relaties. Verder wordt er in het onderzoek rekening gehouden met de context van de pilots. In de projecten kunnen namelijk verschillen optreden die de gestelde relatie tussen het As a Service-model en circulariteit of LCC beïnvloeden. Deze invloed kan zowel behulpzaam zijn (bijvoorbeeld een hogere circulariteit) of belemmerend zijn (de kosten omhoog drijven). Om dit transparant te maken voor dit onderzoek is van cruciaal belang dat we elk van deze elementen daarom definiëren en operationaliseren.



Figuur 1 Theoretisch kader voor het programma De Circulaire Weg

### 1.1.1 As a Service-model

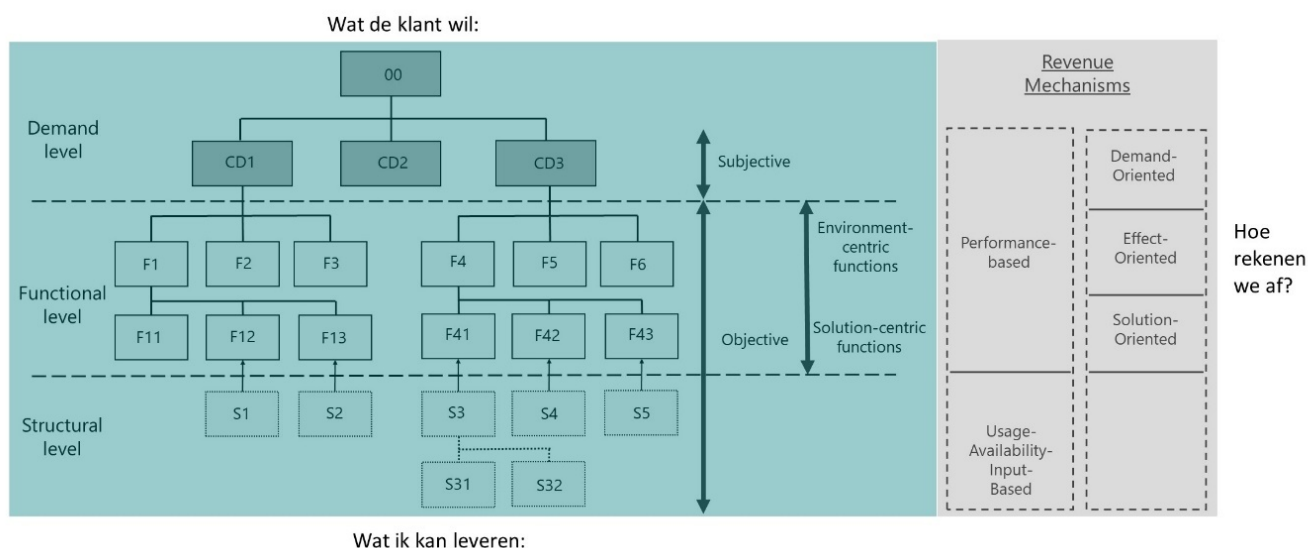
Het product-service systeem is een concept dat bekend staat om zijn verschillende niveaus van dienstverlening. Verschillende academici hebben de afgelopen decennia een classificatie van deze niveaus gemaakt. Het meest invloedrijke voorbeeld van een dergelijke classificatie werd gegeven door Arnold Tukker (Tukker, 2004) waar hij

onderscheid maakte tussen product-, gebruiks- en resultaatgerichte product-service systemen. Voor dit onderzoek levert het classificatiesysteem van Arnold Tukker specifieke problemen op vanwege:

- a) de aard van infrastructuren als een technisch systeem; en
- b) de sector als een contract gebaseerde markt.

Ten eerste zijn de diverse typen niet duidelijk gerelateerd aan de diverse onderdelen de producten en diensten van dat systeem. Het is wel belangrijk om het technische systeem en de relatie ervan met de dienstverlening in de vorm van functionaliteiten (bijvoorbeeld een weg die mobiliteit biedt) te begrijpen. Daarnaast levert de classificatie van Arnold Tukker nog geen duidelijke vertalingen op naar de verschillende omzetmechanismen die voortvloeien uit een bepaald serviceniveau. Dit kan namelijk per contract in de infrastructuursector verschillen. Om deze redenen heeft de verfijning van de classificatie van Van Ostaeyen et al. (2013) de voorkeur voor dit onderzoek.

Het raamwerk van Van Ostaeyen is weergegeven in Figuur 2. Het toont een blauw deel en een grijs deel. Het blauwe deel vertegenwoordigt het ontwerp van een product-service systeem dat de uitwerking van een abstracte vraag naar concrete oplossingen laat zien. Het is een visualisatie van de vraag van de publieke klant om een service te verlenen via een systeem van aangeboden diensten en oplossingen van de aannemer.



Figuur 2 Verfijnde classificatie van productservicesystemen, aangepast van Van Ostaeyen (2013)

Het blauwe deel laat zien dat de uitwerking plaatsvindt op drie niveaus. Op vraagniveau formuleert de publieke opdrachtgever de vraag van het project of de algemene projectdoelstellingen waarvoor zij graag zou willen dat een aannemer oplossingen of een dienst levert. Een voorbeeld hiervan zou kunnen zijn dat een nieuw te bouwen brug circulair wordt gebouwd. Op functioneel niveau heeft de publieke klant soms een heel

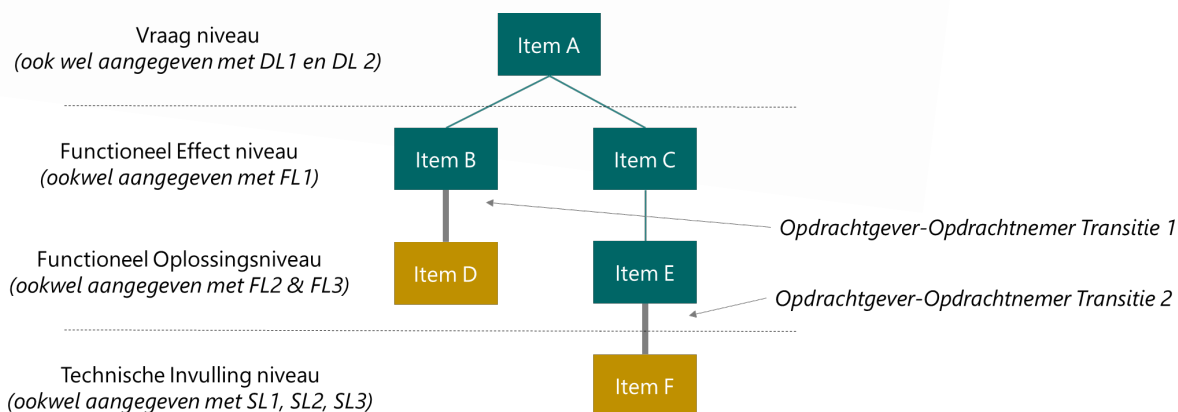


duidelijk idee over de onderliggende details die ze verwacht, maar soms niet. In ieder geval worden de projectdoelstellingen vertaald in onderliggende functionele effecten (bijvoorbeeld de vermindering van CO<sub>2</sub>-uitstoot tijdens de bouw) en de functionele oplossingen om deze te bereiken (bijvoorbeeld de emissies geproduceerd door machines op de bouwplaats). Op structureel niveau zal de aannemer meestal het voortouw nemen bij het formuleren van het systeem (bijvoorbeeld alleen werken met elektrische machines op de bouwplaats). Het idee is dat deze structuur een visualisatie mogelijk maakt van welke onderdelen door de opdrachtgever worden gedefinieerd en welke onderdelen vrij worden gelaten voor de aannemer om te definiëren. Men spreekt van een hoger niveau van *As a Service* wanneer een aannemer de onderdelen bovenin het systeem mag bepalen, dus bijvoorbeeld de functionele effecten of het vraagniveau.

Het grijze deel van het raamwerk toont de niveaus van vastgelegde omzetmechanismen. Omzetmechanismen worden hier gedefinieerd als het verdienmodel waarmee de publieke opdrachtgever en de aannemer betalingen regelen voor de geleverde diensten. Het beschrijft de niveaus voor omzet op basis van prestatie (betaling door prestaties), gebruik (betaling door gebruik), beschikbaarheid (betaling door beschikbaarheid) en op input (betaling door aangeboden input). Voor de prestatiebasis beschrijft Van Ostaeyen *et al* drie prestatieniveaus: vraaggericht (betalen wanneer aan de vraag wordt voldaan), effectgericht (betalen wanneer aan het effect wordt voldaan) en oplossingsgericht (betalen wanneer de oplossing effectief is). Deze classificatie maakt het mogelijk om het technische systeem te koppelen aan een geschikt verdienmodel. In essentie helpt het Van Ostaeyen raamwerk om de product-service systemen te begrijpen die volgens deze techniek in elk van de pilots zijn ontworpen.

Gegeven dat dit kader zeer visueel van aanpak is en gezien het feit dat de gegevensverzameling tijdens de coronaviruspandemie moest gebeuren, moest een visuele, interactieve, online dataverzamelingstechniek worden opgezet. Voor het onderzoek hebben we daarom real-time online interviewsessies met publieke opdrachtgevers en aannemers per pilot opgezet om het technisch systeem iteratief op te stellen dat voor elke pilot is afgesproken. Het visuele aspect werd verzorgd via een online whiteboard platform, waar het blauwe gebied van Figuur 2 per pilot iteratief werd gemaakt in samenspraak met iedere partij. De eerste versie van het *As a Service*-model werd opgesteld op basis van gedeelde documenten die door de pilotteams werden verstrekt met betrekking tot vergadernotulen, overeenkomsten, contracten, studies en rapporten met betrekking tot de pilots. Dit werd vervolgens aangeboden aan vertegenwoordigers van de publieke opdrachtgever en aannemer voor aanvullende input en wijzigingen. Per pilot werd voor elk een whiteboard visualisatie opgesteld, aangepast en gevalideerd met in totaal vier tot vijf interviews.

**Data:** Tegen deze achtergrond zal As a Service worden gemeten als een As a Service Level (AASL). De As a Service-modellen worden uitgelezen op het aantal elementen in het model waar vraag overgaat in aanbod. Dit noemen we Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transitie. In Figuur 3 wordt een fictief voorbeeld getoond. Er is een Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transitie (OOT) tussen Item B (vraag) en Item D (aanbod). Dit is het bewijs dat de afrekening plaats zou vinden op het Functioneel Effect niveau, ofwel afrekening op basis van de eigenlijk bereikte hoogte van een gewenst effect. Een andere Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transitie vindt plaats tussen Item E (vraag) en Item F (aanbod). Dit is het bewijs dat de omzetafrekening hier plaats zou vinden op het Functioneel Oplossingsniveau, ofwel afrekening op basis van de effectiviteit van de gewenste oplossing.



Figuur 3 Bepalen van As a Service Level aan de hand van Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transities

Een As a Service-model kan meerdere van dit soort Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transities hebben. Tevens geven deze transities tezamen het hiërarchische niveau tussen vraag en aanbod weer. We stellen voor dat de mediaan van een reeks transities tezamen goed weergeeft wat het meest prominente As a Service niveau is van een afspraak. Het voorbeeld zou hierbij uitkomen op een As a Service level van FL1 en FL2, ofwel de afrekening voor dit model zou plaats moeten vinden tussen de prestatie van een effect en de prestatie van een oplossing.

Om dat deze cijfers niet alles in de context van een pilot kunnen vangen, wordt er ook gewerkt met visualisaties, die in de resultaten apart zullen worden uitgelegd, te weten de 'Initiatief-distributie' en de 'As a Service profilering per vraag'.

## 1.1.2 Maatschappelijke kosten en baten

De maatschappelijke meerwaarde zit in de kosten en baten van het circulariteitsimpact. Hier volgen we daarom de mate van circulariteit als baten en de bijbehorende levenscycluskosten als kosten. Het meten van circulariteit wordt gedaan met de voorgestelde indicatoren door CB23, Figuur 4. Daarnaast is er ook gewerkt aan een circulariteitsprikkel.

De keuze voor CB23 indicatoren is gemaakt omdat:

- het de 'state of the art' voor het meten van circulariteit in de bouw reflecteert;
- het representatief is voor de Nederlandse context;
- het uitwerken van deze leidraad direct bijdraagt aan de Nederlandse bouw.

### 1.1.2.1 Circulaire metingen

Wat zijn platform CB23 en zijn indicatoren?

“Platform CB23 (Circulair Bouwen 2023) heeft zich gecommitteerd aan het opstellen van afspraken over circulariteit in de bouwsector. Het platform brengt vertegenwoordigers van belanghebbenden (waaronder marktpartijen, beleidsmakers en wetenschappers) bij elkaar om met elkaar in gesprek te gaan en tot algemeen gedragen afspraken te komen.”

De indicatoren hebben drie hoofddoelen van circulair bouwen: 1. het beschermen van materiaalvoorraden (indicatoren 1-3); 2. milieubescherming (indicator 4); en 3. waardebehoud (indicatoren 4-7).

Dit rapport bevat indicatoren 1-3, de kernindicatoren voor het beschermen van bestaande materiaalvoorraden die overeenkomen met de materialenbalans die wordt gebruikt in milieu-impactanalyses, rekening houdend met alle fasen van de bouwcyclus.

(Platform CB23, 2020)

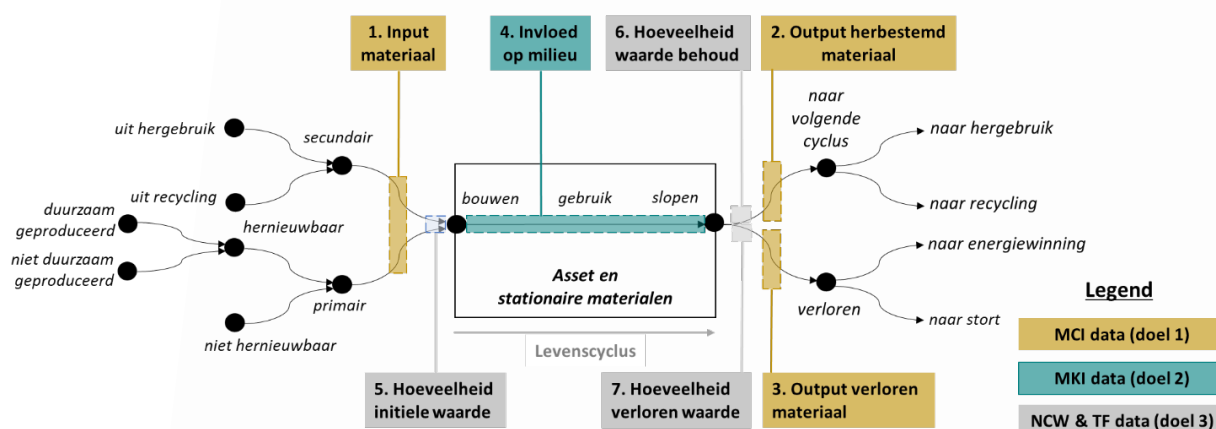
Circulariteit wordt gemeten door middel van vele proxy's en op zeer verschillende niveaus van schaal en reikwijdte (industriële parken, projecten, steden en naties). Voor dit onderzoek is het belangrijk om circulariteit te meten op een manier die praktisch is voor de publieke opdrachtgever en de opdrachtnemer. Daarom hebben we besloten om ons te richten op twee manieren om circulariteit te meten. Enerzijds willen we de circulariteit in kaart brengen rondom het gedragseffect, om de sociale innovatiekracht te

vangen. Anderzijds, willen we circulariteit als een fysisch effect in kaart brengen, waarvoor we gebruik maken van de indicatoren die zijn vastgelegd in de CB23-richtlijnen voor het meten van circulariteit. Het is belangrijk om te melden dat we deze indicatoren enkel kunnen meten aan het begin en niet tijdens het project.

Voor het gedragseffect verzamelen we de waardeproposities, initiatieven en circulaire prikkels die we kunnen vinden in de As a Service-modellen per pilot.

1. Waardeproposities: Dit zijn de startdoelstellingen van de pilot, en zijn met name kwalitatieve stellingen. Deze stellingen geven aan wat centraal staat in de vraag, en of circulariteit daar ook in is opgenomen aan de start van het project. Het geeft daarmee informatie over de uitgangspunten die mede invulling hebben gegeven aan de diverse pilots.
2. Initiatieven: De hypothese vanuit As a Service-modellen is dat dit de aannemer helpt om de bekostiging van maatregelen te zien als een bedrijfsinvestering in plaats van een kostenpost. Dit zou daarmee dus meer moeten leiden tot circulaire initiatieven. Het aantal initiatieven identificeren we uit de modellen. Vervolgens classificeren en tellen we deze om de mate van circulariteitsinitiatieven en de verdeling van genomen initiatieven tussen opdrachtgever en aannemer te meten.
3. Circulaire prikkels: Om daadwerkelijk de onderliggende prikkels van een As a Service-model goed te begrijpen, maken we vervolgens onderscheid in de mogelijke prikkels die tot circulaire initiatieven hebben geleid in de pilots.

Het is goed om te melden dat de methode om de circulariteitsprikkel te meten, is gewijzigd als gevolg van de niet-beschikbare data over de circulariteitsprikkel voor de referentieprojecten zonder As a Service. Ter vervanging wordt de prikkel binnen de As a Service-modellen zelf besproken aan de hand van de visualisatie van de 'mate van circulariteitsprikkel van As a Service en Klantvraag'.



Figuur 4 Schematische weergave van 7 circulariteitsindicatoren van CB23 (eigen Figuur)

Material Circularity Indicator (MCI) is een indicator ontwikkeld door de Ellen MacArthur Foundation om te meten hoe circulair, herstellend en regeneratief de materiaalstromen van een product of bedrijf zijn. Het is gebaseerd op de volgende zes principes:

1. Biologische materialen uit duurzame bronnen halen
2. Gebruik van grondstoffen uit hergebruikte of gerecyclede bronnen
3. Producten langer in gebruik houden (bijvoorbeeld door hergebruik/redistributie/duurzaamheid verhogen)
4. Onderdelen hergebruiken of materialen recycleren na gebruik van het product
5. Intensief gebruik maken van producten (bijvoorbeeld via service, delen of performance modellen)
6. Ervoor zorgen dat biologische materialen niet besmet en biologisch toegankelijk blijven

(Ellen MacArthur Foundation, 2019)

In dit rapport worden CB23 indicatoren 1-3 gebruikt als input voor het berekenen van MCI.

Voor de fysieke effecten, volgen we de CB23 data. CB23 is een Nederlandse community of practice die zeven indicatoren heeft voorgesteld om drie doelen voor circulariteit na te streven (1) bescherming van de materiaalvoorraad, 2) bescherming van het milieu en 3) bescherming van de bestaande waarde. Figuur 4 toont hiervoor de schematische weergave voor het evalueren van de drie doelen (met voor elk de data voor bijbehorende indicatoren):

1. **Beschermen van materiaalvoorraden:** Het doel is om te voorkomen dat de materiaalvoorraden uitputten door nauw te letten op de inkoop en doorverkoop van materialen voor en na het gebruik van de deel(objecten). We gebruiken hiervoor de CB23 indicatoren 1 t/m 3 voor input en output van de materialen. We gebruiken deze data om het doel te monitoren met de Material Circularity Index indicator (van de Ellen MacArthur Foundation). Dit wordt uitgedrukt met de volgende formule:

$$\Delta \text{MCI} = \text{MCI}_{\text{met AAS}} - \text{MCI}_{\text{zonder AAS}}$$

*Input:* MCI = Material Circularity Index; 'met AAS' betekent de pilot; 'zonder AAS' betekent een referentieproject.

*Output:* Het meet de gemiddelde score van het beschermen van de materiaalvoorraden met de pilot tussen de 0 en 100%, waar 0 % staat voor dat geen enkel materiaal is beschermd, en 100% dat alle materialen in het project zijn beschermd. Het verschil geeft aan wat de gebleken slagkracht is van de AAS-werkvorm.

2. **Beschermen van het milieu:** Het doel is om de impact van het stationaire gebruik van de (deel)objecten zoveel mogelijk in te perken. We gebruiken hiervoor de CB23 indicator 4. Deze data zullen worden ingezet om de Milieu Kosten Indicator te berekenen voor de (deel)objecten.

$$\Delta \text{MKI} = \text{MKI}_{\text{met AAS}} - \text{MKI}_{\text{zonder AAS}}$$

*Input:* MKI = Milieu Kosten Indicator; 'met AAS' betekent de pilot; 'zonder AAS' betekent een referentieproject.

*Output:* Het meet de kosten van het project als een belasting op het milieu. Hoe hoger de kosten, hoe meer belasting het project veroorzaakt op het milieu. Het verschil geeft aan wat de gebleken slagkracht is van de AAS-werkvorm.

3. **Beschermen van bestaande waarde:** Het doel is om de bestaande waarde van binnengekomen materiaal zoveel mogelijk te behouden tijdens en na de levenscyclus van het (deel)object. We gebruiken hier idealiter de combinatie van Indicatoren 5.1, 6.1 en 7.1 (over economische waarde), alsmede indicatoren 5.2, 6.2 en 7.2 (over technisch-functionele waarde). In de basis worden indicatoren 5.1 en 5.2 berekend als de initiële waarde. Indicatoren 6.1, 6.2, 7.1 en 7.2 zijn afhankelijk van de beschikbare informatie tijdens en na afloop van het project. Om die reden wordt er enkel ingegaan op de initiële waarden die worden gecreëerd met het AAS-model aan het begin.

$$\Delta \text{NCW} = \text{NCW}_{\text{met AAS}} - \text{NCW}_{\text{zonder AAS}}$$

*Input:* NCW = Netto Contante Waarde<sup>1</sup>; 'met AAS' betekent de pilot; 'zonder AAS' betekent een referentieproject.

*Output:* Het meet de initiële waarde van de (deel)objecten gebaseerd op de verwachte investering- en levenscycluskosten en de beoogde betalingen voor de dienst gedurende het beoogde contract.

Een belangrijk aandachtspunt zijn de metingen Technische-Functionaliteit en de Meting van Circulariteitsprikkel. Er is omwille van haalbaarheid voor gekozen om de Technische Functionaliteitswaarde niet mee te nemen in dit onderzoek. Daarom wordt deze meting niet gerapporteerd in dit verslag. De meting van Circulariteitsprikkel was aan het begin van het onderzoek uitgegaan van data die uiteindelijk niet meer beschikbaar kwamen. Deze is daarom anders geoperationaliseerd. De wijziging hiervan is opgenomen in hoofdstuk 2.

### 1.1.2.2 Levenscycluskostenberekening

De kosten worden opgenomen in de servicekosten voor de opdrachtnemer over de serviceperiode. Deze kosten worden geleverd door het project en uitgedrukt in euro's per pilot in Netto Contante Waarde van zowel de realisatiekosten, als het verwachte onderhoud en extra kosten in verband met het behoud van de functionaliteit van het asset. De levenscycluskosten worden gebruikt om een Kosten - Baten-verhouding vast te stellen waarbij de kosten van de overkoepelende dienst in verhouding worden gesteld tot de bereikte waarden van verschillende maatstaven van circulariteit.

Voor deze meting zijn de levenscycluskosten gemeten van de pilot alsmede het referentieproject. Het verschil hiertussen laat de efficiëntie zien van het As a Service-model ten opzichte van een niet As a Service-model voor een vergelijkbaar project.

### 1.1.3 Meting randvoorwaarden

Randvoorwaarden beschrijven de context die de relatie tussen As a Service en de mate van circulariteit kunnen bevorderen of belemmeren. Bijvoorbeeld, het betrokken object (weg, verlichting, viaduct), specifieke projecttaken (onderhoud, renovatie, nieuwbouw), opdrachtgever (provincie, gemeente, rijk). We gebruiken hiervoor kwalitatieve verdiepingsstudies per pilot. Het raamwerk van Huizing (2019), in Figuur 5, wordt gebruikt als de basisrandvoorwaarden in de context van As a Service. De argumenten hiervoor zijn dat het enerzijds al een startpunt biedt van randvoorwaarden voor As a Service voor infrastructuur. Tevens kunnen deze randvoorwaarden semi-kwantitatief gemeten worden met dummy variabelen om een vergelijkbare score te krijgen.

---

<sup>1</sup> NCW-waarden worden niet afgerond en betwist, mits de restwaardeberekeningen zijn onderzocht als instrumenten voor dit doel 3. De auteurs nemen ten tijden van het schrijven van dit rapport deel aan een community of practice die werkt aan een geaccepteerde waardebepalingsmethode, in CB23 verband.

Voor dit onderzoek hebben we ervoor gekozen om de kwalitatieve verdiepingstudie uit te voeren in de vorm van een stakeholderanalyse. Dit wordt hieronder verder toegelicht.

VOORWAARDELIJKE VEREISTEN	NODIGE VERANDERINGEN
<ul style="list-style-type: none"> <li>•1. Neem de einde-levensfase van materialen op in de levenscyclus van het project</li> <li>•2. Macht en verantwoordelijkheid verdelen over de partij die ze het beste kan dragen</li> <li>•3. Bereid de interne organisatie voor op veranderingen</li> <li>•4. Samenwerken van belanghebbenden</li> <li>•5. Creëer toegevoegde waarde voor alle stakeholders</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1. Functionele specificatie in plaats van technische specificatie</li> <li>•2. Overeenkomst:               <ul style="list-style-type: none"> <li>•2.1. Contractuele overeenkomsten</li> <li>•2.2. Brede toepasbaarheid op projecten van elke omvang</li> </ul> </li> <li>•3. Financieel systeem               <ul style="list-style-type: none"> <li>•3.1. Betaal voor de functie in plaats van voor het product</li> <li>•3.2. Nood aan externe financiering</li> <li>•3.3. Verwerking van waarde van materialen</li> </ul> </li> <li>•4. Hoogwaardig technisch ontwerp</li> <li>•5. Vanaf het begin van een project moet rekening worden gehouden met het einde van het contract</li> </ul>

Figuur 5 Randvoorwaarden en nodige aanpassingen voor AAS in infrastructuur (Huizing, 2019)

### 1.1.3.1 Stakeholderanalyse

Stakeholderanalyse is een van de meest gebruikte methoden om de belangen van de partijen te begrijpen. Het doel van de analyse is om te zien hoe diverse actoren uit de pilots aankijken tegen politieke, technische, economische, interorganisatorische, intra-organisatorische en contextuele aspecten. Elk van de aspecten bevat overeenkomsten en verschillen tussen stakeholders (bijv. vertrouwen tussen de partners voor de interorganisatorische aspecten). Er kan een overeenkomst zijn (d.w.z. consensus) dat een element wordt gezien als een barrière of als een aanjager voor het project, of een meningsverschil (d.w.z. dissensus) wanneer belanghebbenden het niet eens zijn of onzeker zijn over de elementen.

Er worden twee enquêtes uitgevoerd, te weten één gericht op de randvoorwaarden, en één op de proces gerelateerde factoren en toekomstige toestand. Daarnaast worden er ook interviews gehouden met de belangrijkste betrokkenen van de pilots. De enquêtes bevatten stellingen over de randvoorwaarden waar de respondenten bij aan kunnen geven in hoeverre ze het eens zijn met de omschrijving voor hun pilot op een Likertschaal van 7 (1- Zeer sterk oneens, 7- Zeer sterk mee eens). Beide enquêtes groeperen deze stellingen in de volgende categorieën: politieke, technische, economische, contextuele, intra-organisatorische (binnen het bedrijf) en inter-organisatorische aspecten (tussen de bedrijven). Er is voor de volledigheid van de enquête ook rekening gehouden met bekende randvoorwaarden die horen bij industriële symbiose. Industriële symbiose is een situatie waarbij verschillende organisaties proberen tot een symbiotische relatie te komen door uitwisseling van materialen en diensten. Enkele voorbeelden van onderwerpen zijn



kenniscapaciteit en -verspreiding, relationele capaciteit, facilitering, batendeling, betrokkenheid, gebrek aan informatie, gebrek aan kennis, afkeer van verandering, verouderde regelgeving, technologische gereedheid en andere (Bacudio et al., 2016; Domenech et al., 2019; Kosmol en Otto, 2020; Mortensen en Kørnøv, 2019; Neves et al., 2019; Park et al., 2018; Zhang et al., 2015).

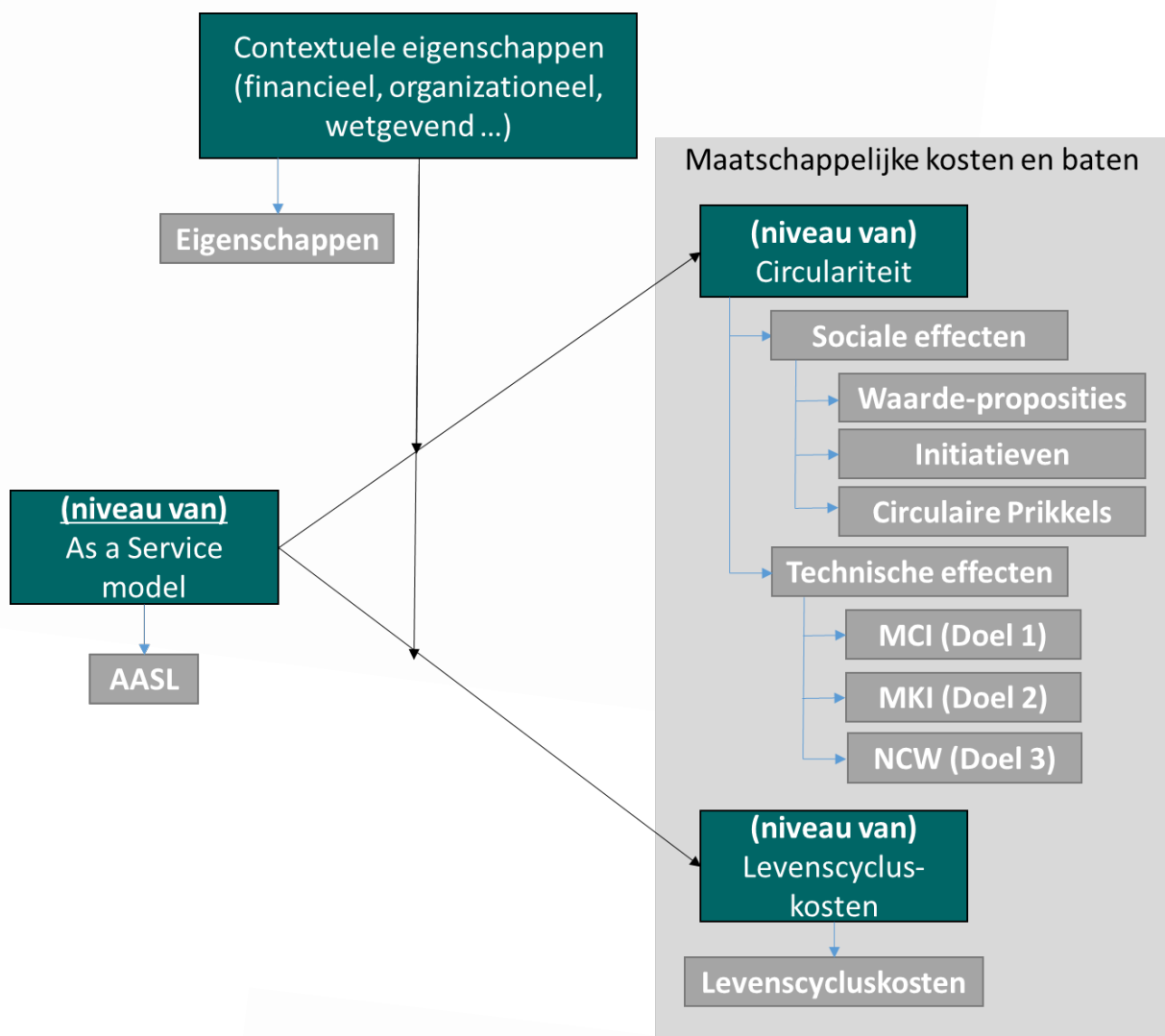
Daarnaast werden ook interviews uitgevoerd om meer gedetailleerde en toegespitste context te hebben voor elke pilot en organisatie.

**Data:** De resulterende output van de stakeholderanalyse wijst specifieke barrières en enablers aan waar er een prominente consensus is tussen de belanghebbenden en onzekere factoren veroorzaakt door een dissensus. Alle factoren zijn gebaseerd op de perceptie van de stakeholders en vertegenwoordigen dus geen onbevooroordeelde validatie. De analyse maakte het ook mogelijk om aanbevelingen met projectspecificaties te identificeren. Aanbevelingen omvatten een oplossing voor de geïdentificeerde barrières, maar ook verdere aanbevelingen voor de aannemers, klant, contract en specifieke kenmerken van infrastructuur assets.

## 1.2 Methodologisch overzicht

Het overzicht van alle datapunten is weergegeven in het theoretisch kader in onderstaande afbeelding (Figuur 6).

Een aantal nuances dient te worden aangebracht bij deze opzet. Ten eerste berust de studie voor de fysische circulariteitsmetingen op de in-situ vergelijking van de As a Service pilot en de vergelijking van waarden voor een referentieproject. De geobserveerde verschillen die optreden, zullen deels verklaard kunnen worden door meerdere factoren. Hier komen we aan het eind van het rapport op terug bij het bespreken van de resultaten. Ten tweede is het belangrijk te benadrukken dat de resultaten gaan over de beschikbare gegevens voor de pilot tot aan het afronden van het ontwerp. De projecten zullen doorlopen, en dus de ontwikkelingen en resultaten zullen dat na dit rapport ook doen. De betekenis van deze beperkingen zullen aan het eind van het rapport verder worden besproken in het licht van de opgehaalde resultaten.



Figuur 6 Methodologisch overzicht van de onderzoeksopzet

Bij aanvang van het programma waren zeven pilots gericht op IAAS integratie. Utrecht stapte in een later stadium echter niet over naar IAAS maar streefde met de traditionele gunning van Dura Vermeer naar een hoge circulariteit. Voor alle IAAS-onderzoeken is Dura Vermeer betrokken. De pilot in Amsterdam maakt deel uit van een groter project en bleef met onvoorziene vertraging in de beginfase van ontwikkeling hangen. Deze pilot is dus buiten de analyse gehouden. Zie de pilotdetails en uitgevoerde analyses in de onderstaande Tabel 1. Voor de stakeholderanalyse zijn de participanten van alle pilots meegenomen, aangezien alle pilots het proces van IAAS op de verschillende niveaus hebben doorlopen (zij het alleen in overweging).

Tabel 1 Pilots in het De Circulaire Weg Programma en de dekking in de analyse

Municipality/Provincie	Pilot	Status	IAAS analyse	MCI	LCC
Amersfoort	Vervanging fietsbrugdekken	Uitvoering	Ja	Ja	Ja
Amersfoort	Reconstructie JP Heijelaan Amersfoort	Contract	Ja	Ja	Ja
Noord Brabant	Duurzame wegverlichting	Uitgevoerd - Gebruik / monitoring	Ja	Ja	Ja
Noord Holland	Geleiderail as a service	Contract	Ja	Ja	Ja
Overijssel	Duurzaam wegbeheer N739	IAAS ontwerp afgerond – Niet als IAAS uitgevoerd	Ja	Ja	Ja
Amsterdam	Tijdelijke weg bij ArenA	Aanbieding	Nee	Nee	Nee
Utrecht	Reconstructie Croeselaan – stadsweg	Uitgevoerd – Niet als IAAS uitgevoerd	Gebruikt als controle pilot (niet-IAAS)		Nee

### 1.3 Rapportagestructuur

De rapportage van het onderzoek is als volgt gestructureerd. Eerst bekijken we in hoofdstuk 2 de resultaten op programmaniveau. Hier bespreken we alle maatregelen over de pilots heen, om generieke lessen te trekken uit alle pilots. Ten tweede bespreken we in hoofdstuk 3 alle maatregelen per pilot, om generieke lessen te trekken uit de specifieke contexten per pilot. Vervolgens bespreken we in hoofdstuk 4 de stakeholderanalyse om de contexten van de pilots in perspectief te plaatsen van IAAS. Het is goed om hier te melden dat de barrières en drivers uit de stakeholderanalyse ook staan beschreven in hoofdstuk 3. Uiteindelijk geven we in hoofdstuk 5 antwoord op de vraag randvoorwaarden waaronder circulariteit in infra as a service kan gedijen. Tot slot worden de inzichten besproken en op basis hiervan wordt een praktisch advies gegeven en geconcludeerd.

# Programma analyse

Gemeenschappelijke  
kenmerken en verschillen  
van IAAS en circulariteit

## 2. Programma-analyse: gemeenschappelijke kenmerken van IAAS en circulariteit

In dit deel analyseren we elk van de kernbegrippen over de pilots heen. Dit gaat niet over de specifieke situatie per pilot, maar maakt gebruik van gemeenschappelijke kenmerken van de As a Service-pilots om de overkoepelende lessen te trekken. Eerst bespreken we het Infra As a Service-model en trekken we vergelijkingen. Vervolgens bespreken we de uitkomsten van de circulariteitsaspecten en de levenscycluskosten.

### 2.1 Samenvatting en hoogtepunten

Dit hoofdstuk omvat de analyse van drie hoofdaspecten: IAAS-modellen, materiële circulariteit en financiële aspecten (NCW, LCC en financiële modellen). Ten eerste bracht de analyse van IAAS-modellen *gemeenschappelijke kenmerken* aan het licht, zoals veiligheid en onderhoud en *verschillen*, waaronder een verschillende mate van integratie van R-strategieën, circulariteit en duurzaamheidselementen. Deze specificaties gebeuren op drie niveaus: *vraagniveau, functioneel niveau en structureel niveau*.

IAAS-modellen hebben ook een duidelijk onderscheid tussen de *verantwoordelijkheden* van de *klant en de aannemer*. Dit betekent dat de opdrachtgever op een bepaald moment in de totstandkoming van het contract stopt met het definiëren van de dienst en de verantwoordelijkheid overlaat aan de opdrachtnemer. De opdrachtgever wil bijvoorbeeld een reductie van de materialen, maar geeft niet aan hoe dit moet worden bereikt. Wanneer de analyse de verantwoordelijkheden en generieke versus circulaire kenmerken combineert, kunnen we zien welke actor in het model het initiatief had om de maatregel voor te stellen. Uit *de initiatiefverdeling* blijkt dat alle IAAS-modellen minimaal één circulair element op vraagniveau hebben. Alle pilots hebben een andere aanpak gevolgd om circulaire maatregelen te integreren, waarbij de pilots in Amersfoort een actieve klantbetrokkenheid hebben en circulaire elementen op het hoogste niveau hebben. Overijssel nam ook een hoge mate van klantbetrokkenheid mee bij het definiëren van circulariteit, terwijl Noord-Holland een hoog aannemersinitiatief had, maar meer generieke en taakgerichte elementen. Noord-Brabant laat het grootste aantal circulaire maatregelen zien op initiatief van de aannemers, maar heeft over het algemeen minder circulaire kenmerken dan andere pilots. Aan de andere kant is het PNB de enige case die samenwerkingselementen bevat (gedefinieerd door zowel opdrachtnemer als opdrachtgever). Bij nadere beschouwing van het vraagniveau, met uitzondering van Noord-Brabant, blijft veiligheid voor alle pilots het domein van de opdrachtgever. Beschikbaarheid en onderhoud hebben een hogere betrokkenheid van de aannemer bij alle pilots. Van alle elementen in de contracten zijn er minder circulaire dan generieke maatregelen, met drie pilots met een dominant initiatief van de aannemer (Overijssel,

Noord-Brabant, Noord-Holland), en twee pilots met meer dominante circulaire maatregelen door de opdrachtgever (beide pilots van Amersfoort).

*Materiaalcirculariteit* werd verantwoord via platform CB23 indicatoren en Material Circularity Indicator (MCI). Alle pilots met aangeleverde referenties laten een afname zien van de input van primaire materialen van 4,9% (Amersfoortse Woonweg) naar 87,3% (Noord-Hollandse Geleiderails). Ook de hoeveelheid beschikbare materialen voor hergebruik en recycling verbeterde. Het best verbeterde geval is het brugdek in Amersfoort, waar wordt aangenomen dat hout volledig kan worden gerecycled en hergebruikt. MCI-scores laten een verbetering van circulariteit zien tot 330% voor de weg in Overijssel, 186% verbetering voor geleiderails (Noord-Holland), 11% circulariteitstoename voor de materialen die worden gebruikt in de woonweg in Amersfoort, en een lichte afname van circulariteit met 13 % voor de Brugdek veroorzaakt door de hoge mate van onbruikbaar materiaal dat vrijkomt uit recycling.

*De milieukosten* worden weergegeven door de Milieu Kosten Indicator (MKI), een in Nederland gebruikelijke maatstaf. MKI werd echter slechts verstrekt voor 3 van de 5 IAAS-pilots, waarbij de verbetering werd bereikt met 56,5% voor de woonweg in Amersfoort, 48,1% voor de geleiderail in Noord-Hollands en 30,5% voor de provinciale weg in Overijssel.

En terwijl MKI een duidelijke verbetering liet zien, laat de *Netto Contante Waarde (NCW)* een stijging zien voor de Provincie Noord-Brabant en Overijssel en een daling voor de Gemeente Amersfoort en Noord-Holland. Dit is sterk afhankelijk van de initiële waardepropositie. Het toevoegen van een dimbaar lichtstelsel verhoogt bijvoorbeeld de initiële kosten voor wegverlichting in Noord-Brabant. Door hogere initiële kosten zijn de *Life Cycle Costs (LCC)* van Noord-Brabant 30% hoger ten opzichte van de referentie, maar uiteindelijk zal dit naar verwachting over de jaren tot grote besparingen leiden door een grote afname van het energieverbruik. De grootste daling van LCC met 35% werd waargenomen in Noord-Holland. De analyse van *de financiële modellen* laat zien dat het nog te vroeg is om volledig te evalueren of as-a-service-contracten kunnen bijdragen aan een meer circulaire infrastructuur, aangezien de implementaties van IAAS in sommige gevallen nog niet zijn gestart. NCW van een IAAS-contract moet aan het einde van de economische contractperiode worden geëvalueerd om rekening te houden met elementen zoals onderhoudskosten, periodieke betalingen, specifieke bonus-/malusbedragen (bijv. MKI) en een restwaarde. Bonus-malusregelingen worden gezien als belangrijke circulaire prikkels in combinatie met MCI, waarbij wordt beloond voor slimmer materiaalgebruik. Specifieke aspecten van restwaarde dienen vooraf tussen opdrachtgever en opdrachtnemer te worden afgesproken. De aannemer kan het risico lopen van kostenoverschrijdingen, die niet worden gecompenseerd in de periodieke betalingen, en daarom moet een indexatieregeling worden toegevoegd om

kostenstijgingen (materialen) te compenseren. Een bepaalde omvang van het contract is belangrijk om te voorkomen dat financieringen zwaar op de transactiekosten drukken.

## 2.2 Infra As a Service-model

In deze paragraaf bespreken we de inzichten die zijn opgedaan door het vergelijken van de diverse As a Service-modellen. We beschrijven de volgende zaken:

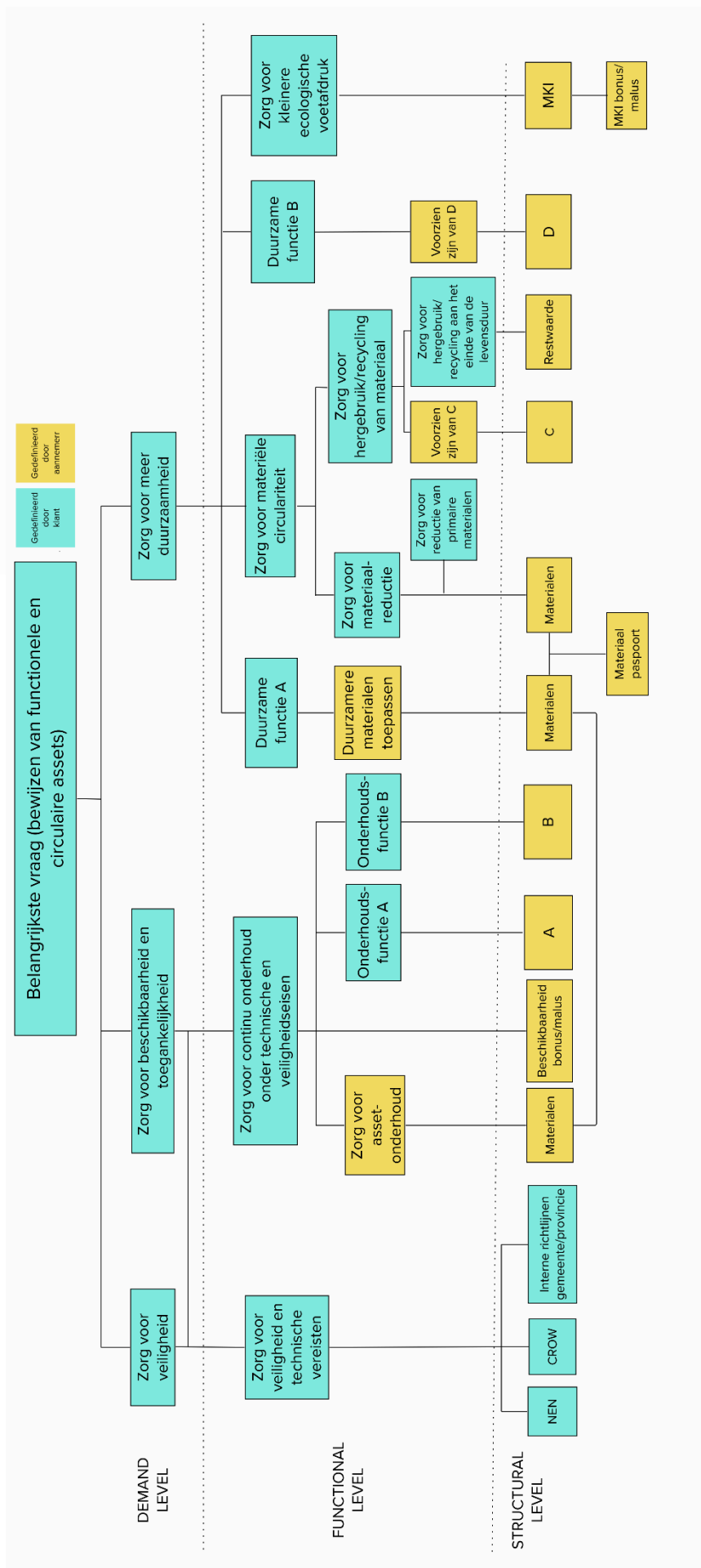
- het kenmerken in de gemaakte afspraken in de As a Service-modellen;
- de verdeling van de verantwoordelijkheden per pilot; en
- As a Service niveaus per pilot.

Figuur 7 toont het generieke overzicht van As a Service afspraken die we in de pilots hebben gezien. Alhoewel IAAS een nieuwe manier van werken is (zoals besproken in hoofdstuk 1), is in Figuur 7 wel te zien dat er bekende functies opgenomen zijn in het contract en het model. Het belangrijkste kenmerk dat in alle pilots is opgenomen, is veiligheid en richtlijnen. Deze kan betrekking hebben op de concrete veiligheids- en technische vereisten voor een betonnen infrastructuurobject, bijvoorbeeld het wegtype heeft een specifieke eis die verschilt van de brug, enz. Andere richtlijnen die kunnen worden opgenomen zijn gemeentelijke of provinciale interne richtlijnen, zoals het volgen van bepaalde esthetische regels

Een andere terugkerend kenmerk in het model zit in de onderhoudselementen. In zekere zin is de IAAS zowel een bouwcontract als een onderhoudscontract in één. Het object blijft eigendom van de aannemer en moet gedurende de looptijd van het contract worden onderhouden.

IAAS heeft ook nieuwe kenmerken. Innovatieve aspecten die in het contract en de modellen zijn verwerkt zijn met name: circulariteit en/of duurzaamheid. Dit komt natuurlijk deels door de bekende circulariteitsdoelen van het programma. Echter, de manier waarop circulariteit of duurzaamheid worden ingevuld zijn specifiek voor elk geval. Er zijn echter enkele overeenkomsten gevonden. Circulariteitsdenken vereist bijvoorbeeld dat zowel hergebruikte/gerecyclede input wordt gebruikt als dat de output wordt gerecycled/hergebruikt. Sommige hiervan zijn beperkt op basis van het gebruikte materiaal. Asphalt kan bijvoorbeeld niet gemakkelijk worden hergebruikt, maar het kan wel in zeer hoge mate worden gerecycled (afhankelijk van het type asphalt).

Andere innovatieve aspecten kunnen voortkomen uit digitalisering, omdat onderhoud en circulariteit op een nieuwe manier worden aangeboden, zoals in het geval van het dimmen van de wegverlichting via een digitale oplossing. As a Service-modellen helpen hierbij om differentiatie in een service aan te brengen op basis van het niveau van circulariteitselementen en specificaties van het onderhoud.



Figuur 7 Generieke waargenomen patronen over alle pilots in De Circulaire Weg



## 2.2.1 Verantwoordelijkheid (opdrachtgever, opdrachtnemer onderscheid)

Het IAAS-model visualiseert waar de verantwoordelijkheid bij de klant of aannemer ligt. Het vraagniveau wordt geformuleerd door de klant, omdat het de wens laat zien van wat er met de service moet worden bereikt. Het is in de modellen minder frequent voorgekomen dat de vraag in samenwerking tussen beide partijen wordt gevormd. Dit is echter wel een geobserveerde positieve ontwikkeling aan de As a Service werkwijze. Dit heeft in de pilots van Noord-Brabant en Amersfoort geleid tot meer gezamenlijk eigenaarschap en tot een minder duidelijke verdeling van verantwoordelijkheden (dit komt terug in hoofdstuk 3). Ondanks deze uitzonderingen hebben we met de IAAS-modellen de visualisatie van de verdeling wel kunnen vaststellen en inzichtelijk kunnen maken voor alle pilots. Hiermee hebben we gezien dat de meeste pilots nog wel een opdracht vanuit de opdrachtgever aan de aannemer werd gegeven zoals dat meestal bij Business As Usual (BAU)-contracten gebeurt.

Bij het specificeren van de functionele eis van de vraag, stopt de klant meestal op een bepaald niveau en laat deze de beslissing over aan de aannemer over hoe een functie moet worden bereikt. Zo kan de opdrachtgever aangeven dat de materialen aan het einde van de levensduur hergebruikt/gerecycled moeten worden, maar hoeveel en hoe deze gerecycled gaan worden is aan de aannemer.

Op structureel niveau ligt de verantwoordelijkheid meestal bij de aannemer. Dit zijn de verschillende elementen om aan de functionele vereisten te voldoen, zoals materialen, MKI-berekening, technische kenmerken en vereisten voor het object. De gemeenschappelijke kenmerken die op technisch (bouwkundig) niveau door de aannemer worden gespecificeerd, zijn de specifieke richtlijnen. De opdrachtgever is verantwoordelijk voor het volgen van alle veiligheids- en technische eisen (bijvoorbeeld NEN- en CROW-richtlijnen voor infrastructuurobjecten).

## 2.2.2 Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transities en As a Service niveaus

Naast deze generieke waarnemingen hebben we het aantal Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transities (OOTs) voor elk model geobserveerd en de mediaan berekend als indicator van het AAS-niveau voor de pilots. Het resultaat hiervan is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transitie medianen en bijbehorende omzetmechanisme(n)

Pilot	Mediaan van Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transities (OOTs)	Bijbehorende omzetmechanisme
Amersfoort Brugdek	FL1 / FL2	PB-EO / PB-SO
Amersfoort Woonweg	FL1 / FL2	PB-EO / PB-SO
PNH Geleiderails	FL1	PB-EO
PNB Verlichting	FL1	PB-EO
POV Provinciale weg	FL2	PB-SO
Utrecht Croeselaan (niet-AAS)	FL1	PB-EO

Uit Tabel 2 blijkt dat in het merendeel van de pilots (PNH, PNB en Utrecht<sup>2</sup>) de verantwoordelijkheid na het FL1-niveau aan de aannemer wordt doorgegeven, wat volgens Van Ostaeyen (2013) het beste past bij een prestatie als effectgericht omzetmechanisme).

De pilots van Amersfoort zitten beide tussen de FL1- en FL2-niveaus in. Dit komt doordat de mediaan van de OOTs precies tussen deze twee niveaus zit. Het laat zien dat er evenveel OOTs zijn op FL1 als op FL2. Het betekent dat een contract meer dan 1 omzetmechanisme kan gebruiken in het contract, aangezien er evenveel functionele effecten en functionele oplossingen worden gevraagd aan de aannemer. Deze kunnen ieder op hun eigen niveau worden afgerekend, d.w.z. de prestatie-als-effect en prestatie-als-oplossing omzetmechanismen. Dit toont de mogelijkheid aan van meerdere betalingswijzen in het contractontwerp.

Tot slot lijkt de Provincie Overijssel de belangrijkste Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transities op FL2-niveau te hebben, die kiezen voor een prestatie-als-oplossing georiënteerd omzetmechanisme. Dit onderstreept dat in geen enkele AAS pilot een dienst op structureel niveau wordt aangegaan met de opdrachtgever, en dus geen omzetmechanismen nodig heeft op basis van beschikbaarheid, gebruik of input.

## 2.3 Maatschappelijke kosten en baten

Dit deel rapporteert over de maatschappelijke kosten en baten van de IAAS. Concreet operationaliseren we de maatschappelijke baten als de circulariteit en de maatschappelijke kosten als de levenscycluskosten die voortvloeien uit de ontworpen As

<sup>2</sup> Het is belangrijk om hier op te merken dat Utrecht geen As a Service-model is, omdat de Croeselaan oorspronkelijk niet als een As a Service-model is geïnitieerd, wat onderstreept dat hogere Opdrachtgever-Opdrachtnemer Transities nog steeds van toepassing kunnen zijn op niet-AAS-modellen.

a Service-modellen. Eerst rapporteren we over de circulariteitsmetingen en vervolgens rapporteren we over de levenscycluskosten. Het is belangrijk op te merken dat deze gerapporteerde resultaten worden verzameld in de ontwerpfase van de AAS-modellen voordat de werkelijke activiteiten en effecten hebben plaatsgevonden. Dit heeft invloed op de interpretatie van de gegevens.

## 2.3.1 Circulaire metingen

In deze paragraaf bespreken we de circulariteitsaspecten van de modellen in termen van fysieke en gedragseffecten die voor de resulterende As a Service-modellen voor elke pilot zijn vastgesteld.

### 2.3.1.1 Metingen op menselijk gedrag

#### 2.3.1.1.1 Circulariteit en waardeproposities

De circulaire maatregelen worden vaak aangejaagd door de waardepropositie die door de Publieke Opdrachtgevers in de pilot wordt gesteld. Tabel 3 geeft een overzicht van deze waardeproposities voor alle pilots. In deze Tabel is te zien dat sommige waardeproposities vragen om circulaire oplossingen, zoals Amersfoort Brugdek en PNH Geleiderails. Dit is echter niet de meerderheid. Sommige volgen meer algemene proposities gericht op duurzaamheid, zoals Amersfoort Woonweg en Utrecht Croeselaan. Het is opvallend dat in sommige waardeproposities geen sprake is van een duurzaamheids- of circulariteitsdoel. De Provincie Noord-Brabant pleit voor effectieve verlichting en Overijssel pleit voor een veilige en beschikbare weg. Deze waardeproposities laten dus duidelijk zien dat de pilots heel divers zijn. Dit wil zeggen dat circulariteit nastreven zowel gebeurt bij directe als bij indirecte proposities.

Tabel 3 Waardeproposities van de Pilots

Pilot	Waardeproposities
Amersfoort – Brugdek	<i>Zorgen voor een circulair en functioneel brugdek</i>
Amersfoort – Woonweg	<i>Functionele en duurzame weg</i>
Provincie Noord Holland – Geleiderails	<i>Zorgen voor meer circulariteit voor geleiderails</i>
Provincie Noord Brabant – Verlichting	<i>Zorg voor een effectieve verlichtingsservice</i>
Provincie Overijssel – Provinciale weg	<i>Zorg voor een veilige en beschikbare weg (meer dan 15 jaar)</i>
Utrecht – Croeselaan	<i>Leg een duurzame en functionele weg aan</i>

### 2.3.1.1.2 Circulaire strategieën (10R's)

De meest voorkomende principes van de circulaire economie zijn weergegeven in het 10R model. Dit omvat de 10 circulaire strategieën: Refuse, Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycling en Recover (Morseletto, 2020). Deze zijn weergegeven in Figuur 8. De drie bovenste strategieën, te weten Refuse, Rethink en Reduce, worden de meest vergaande strategieën genoemd, omdat deze leiden tot minder en slimmer productgebruik en -productie. De strategieën van Reuse tot aan Repurpose, verlengen de levensduur van producten en het deel ervan. Ten laatste creëren de strategieën Recycle en Recover een nuttige toepassing van de materialen (in vergelijking tot storten). De toepassing van deze strategieën wordt meestal overwogen vanuit, en is gericht op producten, niet op diensten. Voor de huidige pilots is gekeken in hoeverre deze strategieën worden geïmplementeerd in het ontwerp.

Slimmer gebruik en fabricage van producten	R0 Refuse	Maak een product overbodig door zijn functie op te geven of door dezelfde functie aan te bieden met een radicaal ander product
	R1 Rethink	Productgebruik intensiever maken (bijvoorbeeld door producten te delen of door multifunctionele producten op de markt te brengen)
	R2 Reduce	Verhoog de efficiëntie bij de productie of het gebruik van producten door minder natuurlijke hulpbronnen te verbruiken
Verleng de levensduur van het product en zijn onderdelen	R3 Reuse	Hergebruik door een andere consument van afgedankt product dat nog in goede staat verkeert en zijn oorspronkelijke functie vervult
	R4 Repair	Reparatie en onderhoud van defect product, zodat het kan worden gebruikt met zijn oorspronkelijke functie
	R5 Refurbish	Herstel een oud product en breng het up-to-date
	R6 Remanufacture	Gebruik delen van afgedankt product in een nieuw product met dezelfde functie
	R7 Repurpose	Gebruik delen van afgedankt product of onderdelen ervan in een nieuw product met een andere functie
Nuttige toepassing van materialen	R8 Recycle	Verwerk materialen om dezelfde (hoogwaardige) of lagere (lage kwaliteit) kwaliteit te verkrijgen
	R9 Recovery	Verbranding van materialen met energierugwinning

Figuur 8 Methodologisch overzicht van de onderzoeksopzet (Morseletto, 2020).

Tabel 4 toont hoe elke pilot omgaat met de 10 R-strategieën. Het laat zien dat Recycle bij iedere pilot als een basisstrategie wordt gebruikt. Refuse is de hoogste strategie die wordt gebruikt. In het geval van Amersfoort heeft de gemeente dit in gang gezet door een radicaal ander ontwerp door te voeren, waardoor de het gebruik van materialen met de helft is afgenomen. Utrecht (zijnde de enige niet-AAS-pilot) gebruikt ook de Refuse

strategie waarbij ze compost gebruiken in plaats van nieuwe grond en het regenwaterafvoersysteem vermijden.

Utrecht merkt op dat ze ernaar streefden om alle R-strategieën te integreren volgens Cramer (2014). Deze bevat negen strategieën met uitzondering van Rethink. Omdat deze strategieën echter gegroepeerd waren en niet in een afzonderlijke maatregel werden gebruikt, worden niet al deze strategieën rechtstreeks in het contract geïmplementeerd.

Voor alle IAAS-pilots is Rethink vastgesteld, wat vooral komt doordat onderhoud en Repair als een van de contractkenmerken wordt uitgevoerd. Meestal wordt dit van groot werk afgesplitst van traditionele contracten. Vergelijkbare voorbeelden van Rethink zijn te vinden wanneer een bedrijf onderhoud en reparatie aanbiedt als onderdeel van de prijs bij het kopen van producten zoals wasmachines of laptops voor de duur van de levensduur.

De strategieën R3 t/m R8 zijn gebruikt op verschillende niveaus van het As a Service-model in de pilots. De details per pilot zijn te vinden in hoofdstuk 3. De strategieën R3 t/m R8 zijn gebruikt omdat op enig moment in de levenscyclus assetmanagement plaatsvindt omdat reparatie en renovatie aan de infrastructuur is vereist. Hergebruik en recycling vinden meestal plaats aan het einde van de levensduur van de materialen.

Tabel 4 Directe toepassing van de 10R-strategieën per pilot \*verwijzend naar de vermindering van energie, niet materialen

10R strategieën										
Pilots	Refuse	Rethink	Reduce	Reuse	Repair	Refurbish	Remanufacture	Repurpose	Recycle	Recover
Amersfoort Brugdek		x	x	x	x	x		x	x	
Amersfoort Woonweg	x	x	x		x				x	
PNH Geleiderails		x	x	x	x	x			x	
PNB Verlichting		x	x*	x	x	x			x	
Overijssel Provinciale Weg		x	x		x				x	
Utrecht Croeselaan (niet-AAS)	x		x	x					x	

De IAAS omvat zowel top-down als bottom-up benaderingen om de R-strategieën te implementeren. Recycling en Reuse worden breder geïmplementeerd omdat ze aan het einde van de levensduur kunnen worden toegepast en directer kunnen worden gemeten. De top-down-strategieën, voornamelijk Refuse en Rethink, zijn moeilijker om te implementeren omdat ze meer systemische verandering vereisen dan bijvoorbeeld

Recycle. Dergelijke veranderingen zijn moeilijker te meten. De IAAS-pilots in dit programma hebben alle beschikbare opties (binnen het gegeven tijdsbestek van de projecten) bekeken op initiatief van zowel de opdrachtgever als de opdrachtnemer.

### 2.3.1.1.3 Circulariteit in IAAS-modellen

De circulaire kenmerken zijn zichtbaar in elk IAAS-model per pilot dat in dit rapport is opgenomen. De circulaire maatregelen zijn in ieder IAAS-model gevisualiseerd met een omcirkeling. Deze modellen kunnen worden teruggevonden in hoofdstuk 3 in de respectievelijke sub paragrafen behorende bij de pilots. Tabel 5 toont de telling van alle circulaire maatregelen die in de As a Service-modellen per pilot zijn aangetroffen (zie modellen in hoofdstuk 3).

Tabel 5 Telling van circulariteitselementen in As a Service-model per pilot. DL1 of DL2 = Demand level (1 voor het eerste niveau, 2 voor het tweede niveau); FL1 = Functioneel effect; FL2 & FL3 = Functionele Oplossing (2 voor het eerste niveau, 3 voor het tweede niveau); SL1 -2 Structural level (1 voor het eerste niveau, 2 voor het tweede niveau)

Pilot / IAAS Niveau	DL1	DL2	FL1	FL2	FL3	SL1	SL2
Amersfoort Brugdek	1	0	1	5	4	4	0
Amersfoort Woonweg	1	1	3	4	1	5	0
PNH Geleiderails	1	0	2	3	0	4	0
Noord Brabant Wegverlichting	1	0	2	1	0	3	3
Provinciale weg Overijssel	1	1	2	2	0	5	0
Utrechtse Croeselaan	1	0	2	3	0	6	0

Amersfoort integreert de duurzaamheidsvraag op het hoogste niveau, samen met circulariteit (twee eisen, terwijl andere er één hebben). In Amersfoort Woonweg hoort bij duurzaamheid ook de inbreng van burgers voor het ontwerp van de weg. Dit is de enige case waarin bewoners actief invloed uitoefenden en dus direct sociale duurzaamheid bevatte. De pilot telt net als Amersfoort Brugdek vijftien, en daarmee meeste, circulaire elementen.

De pilot van Overijssel en Amersfoort Woonweg integreren beide duurzaamheid en circulariteit op vraagniveau.

Het functionele niveau van de Noordhollandse pilot lijkt sterk op andere pilots. Het beschikt over circulaire elementen met een sterke focus op de materiële circulariteit van de geleiderails. Dit resulteert in een meer eenvoudig IAAS-model (d.w.z. 29 elementen) met een zeer directe focus.

De pilot van Noord-Brabant was vanaf het begin gericht op het verminderen van energiegebruik door middel van digitale oplossingen. Daarom heeft het minder circulaire

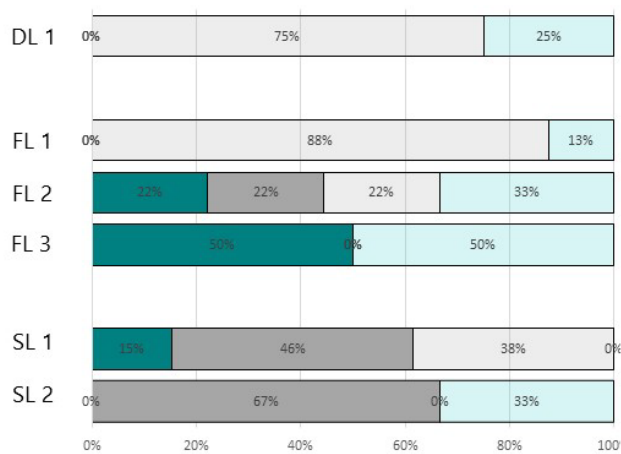
kenmerken met betrekking tot materialen. De pilot neemt het bestaande systeem als de startsituatie, waar andere pilots starten met een reconstructie. De afgesproken service is zeer uitgebreid gegeven het aantal genoemde elementen in het IAAS-model, namelijk 42 elementen. Dit laat zien dat succesvolle service en samenwerking ook kan worden bereikt met minder circulaire elementen.

### 2.3.1.1.4 Circulariteitsinitiatief verdeling tussen Opdrachtgever en Opdrachtnemer

Naast een zekere mate van circulariteit is het ook de moeite waard om te kijken naar de verdeling van welke actor in het model de maatregel voorstelde. Hiervoor hebben we een initiatief distributie opgesteld. Figuur 9 a – f geeft een overzicht van alle maatregelen die de opdrachtgever en de opdrachtnemer hebben genomen. Het onderscheidt verder ook de circulaire en generieke maatregelen (bijvoorbeeld op veiligheid, beschikbaarheid, etc.). Hieruit volgen een paar belangrijke opmerkingen.

Noord-Brabant laat een groot aantal circulaire maatregelen zien dat is gedaan door de aannemer op de niveaus FL3, SL1 en SL2. De aannemer stelt in deze pilot dus circulariteitsinitiatieven voor die op structureel niveau zitten. Dit komt doordat dit de allereerste pilot was die bewust heel beperkt was gemaakt om laagdrempelig te kunnen starten. Het is ook interessant om te zien dat de directe samenwerking met de Provincie heeft geleid tot veel, meer generieke initiatieven op vraag- en functioneel niveau. Zij zijn de enigen die dit doen via een Joint Venture, genaamd Lumi-us.

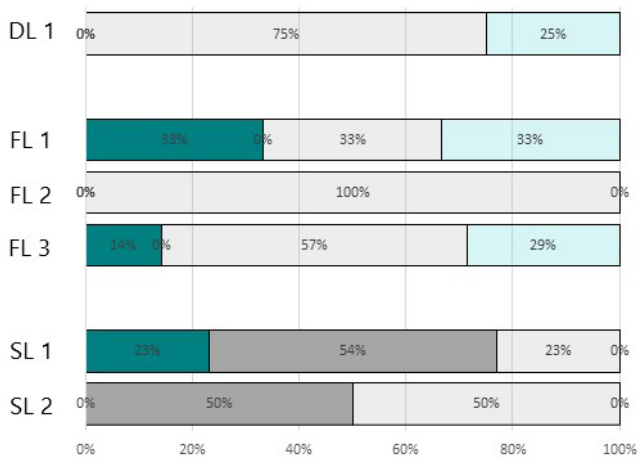
Provincie Noord-Holland Geleiderail, toont een hoog circulariteitsinitiatief van de aannemer. De aannemer hanteert in de pilot wel een vrij taakgerichte benadering van andere maatregelen van een meer generiek type. De aannemer werkt in deze pilot samen met een van hun geleiderail leveranciers.



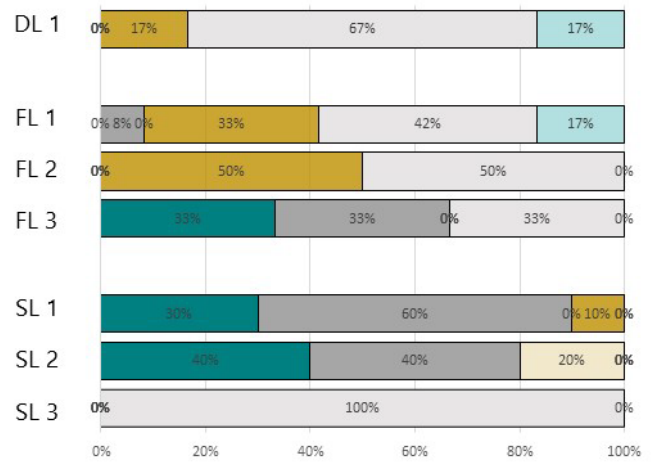
a) Amersfoort Brugdek



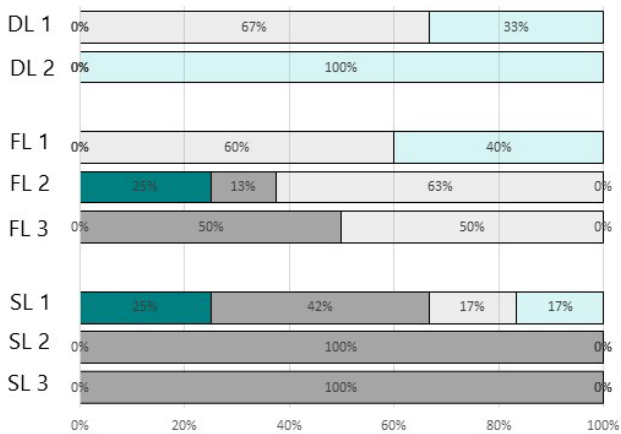
b) Amersfoort Woonweg



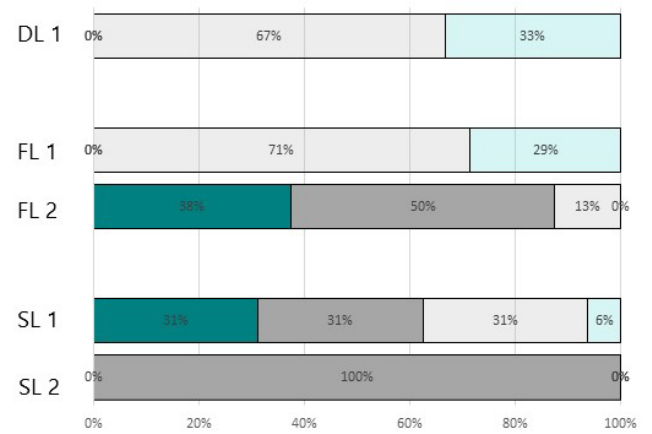
c) PNH Geleiderails



d) Noord Brabant Verlichting



e) Overijssel Provinciale weg



f) Utrecht Croeselaan

- Generieke maatregelen door de opdrachtnemer
- Circulaire maatregelen door opdrachtnemer
- Generieke maatregelen door samenwerking
- Circulaire maatregelen door samenwerking
- Circulaire maatregelen door opdrachtgever
- Generieke maatregelen door opdrachtgever

Figuur 9 a – f. Verdeling van initiatieven betreft alle circulariteits- en generieke maatregelen



### 2.3.1.1.5 Initiatiefverdeling voor de omvang van Circulariteit en Opdrachtnemer

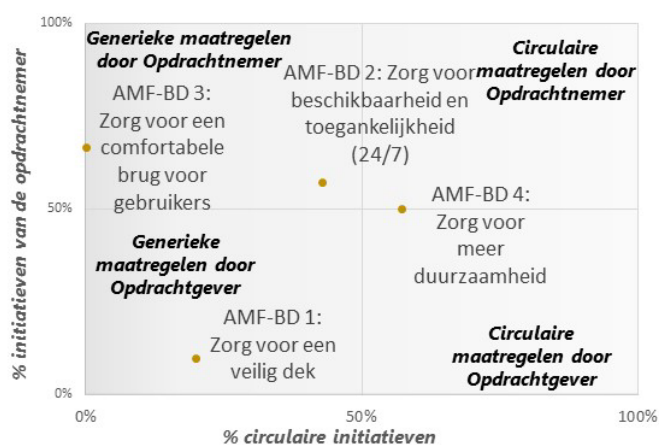
Circulariteitsinitiatieven in IAAS-modellen kunnen worden voorgesteld door zowel opdrachtgever als opdrachtnemer. De verdeling van de initiatieven tussen beide partijen maakt het mogelijk om te identificeren wat de mate van het aannemersinitiatief is en in welke mate dit ook een circulariteitsinitiatief is. Dit is belangrijk om tot de kern te komen van de AAS-bijdrage aan circulariteit, aangezien het naar verwachting een sociale innovatie in de infrastructuursector zal zijn. Figuur 10 a – f toont elk vraagitem met betrekking tot het aannemersinitiatief en het circulariteitsinitiatief. Hoe meer de vraagitems in het kwadrant rechtsboven zijn uitgezet, hoe meer de opdrachtnemer initiatiefruimte nam om circulariteitsinitiatieven voor te stellen.

De eerste belangrijke constatering hierbij is dat slechts enkele vraagitems in het kwadrant rechtsboven scoren. Meer specifiek, dit betreft, POV-PR 3 op 'Zorg voor duurzaamheid van de weg', van de Overijsselse pilot, en de PNH-GR 3 op 'Zorg voor circulariteit'. Beide vraagitems zijn expliciet duurzaamheids- of circulariteitsgericht.

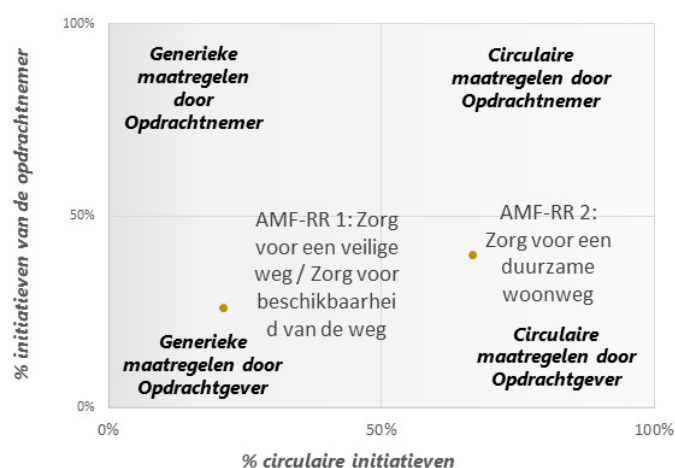
De case van Amersfoort Woonweg scoort de hoogste mate van circulariteit die voor een vraagitem wordt genomen, maar dit wordt voornamelijk door de gemeente zelf gedaan.

Een andere interessante observatie die uit deze plotgrafieken kan worden geobserveerd, is het feit dat de meeste PNB vraagitems hoog scoren op initiatief van de aannemers, ondanks dat dit voornamelijk generieke maatregelen zijn.

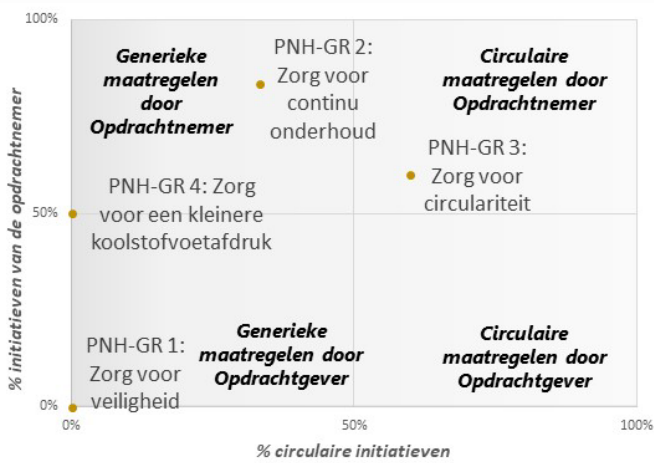
Ten slotte is het ook nuttig om op te merken dat aspecten zoals veiligheid typisch klant-dominante initiatieven zijn. Dit is te verklaren doordat veiligheid bij een incident de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever blijft.



a) Amerfoort Brugdek



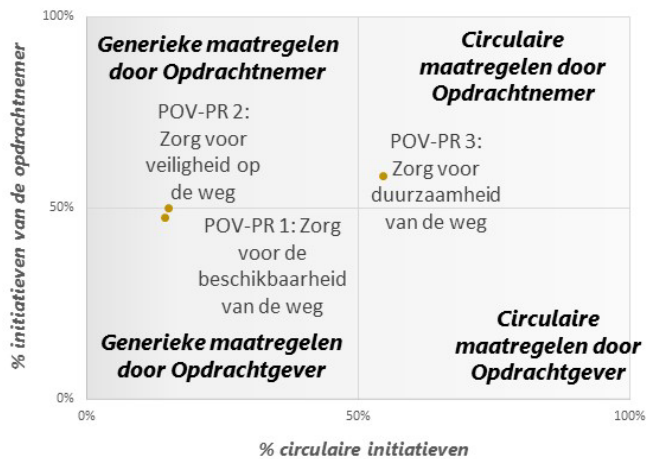
b) Amerfoort Woonweg



c) Province Noord Holland – Geleiderails



d) Noord Brabant – Verlichting



e) Province Overijssel – Provinciale weg



f) Utrecht Croeselaan

Figuur 10 a – f. Uitzetten van mate van aannemers- en circulariteitsinitiatieven in ieder vraagitem per pilot

### 2.3.1.1.6 Incentives voor Circulariteitsinitiatieven in AAS uitgelegd

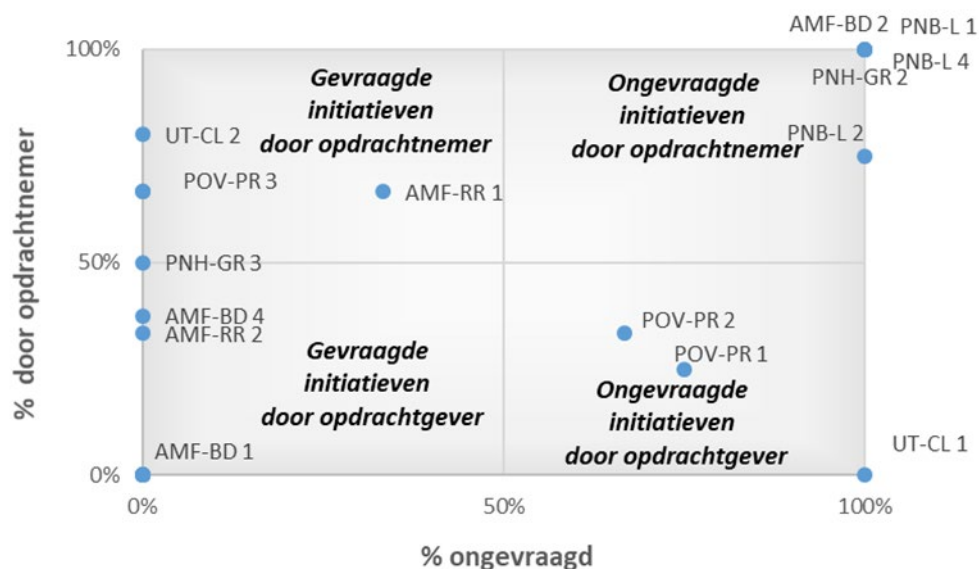
We zien verschillende gradaties van initiatieven van de aannemer op het gebied van circulariteit en generieke maatregelen. Dat maakt nog niet echt duidelijk wat het circulair gedrag is. Dit is echter belangrijk om te begrijpen, omdat we graag beter weten in welke mate het AAS-model aannemers kan stimuleren tot circulair gedrag.

Een dimensie van de AAS-model data dat een belangrijk inzicht hierover kan geven, is om verder onderscheid aan te brengen of een circulair initiatief van de aannemer werd gedaan omdat het werd gevraagd (d.w.z. klant-initiatief) of ongevraagd (d.w.z. zonder

een initiatief door de klant). Om consistent te blijven, telden we deze gevraagde en ongevraagde initiatieven op het niveau van vraagitems. Figuur 11 laat de mate zien waarin circulaire initiatieven werden genomen door de opdrachtgever of opdrachtnemer en of dit gevraagd of ongevraagd was.

We zien iets interessants ontstaan zodra we de vraagitems per pilot lostrekken. De vraagitems van Utrecht en Overijssel zijn rechtsonder bij 'ongevraagde initiatieven door opdrachtgever' linksboven bij 'gevraagde initiatieven door opdrachtnemer' gepositioneerd. Dit betekent dat de circulariteitsinitiatieven van de aannemer in deze pilots meestal na het initiatief van de opdrachtgever kwamen. Dit geeft dus weer dat voor Utrecht en Overijssel, de incentives voor de opdrachtnemer komen nadat de opdrachtgever circulaire of duurzame voorstellen doet.

De andere pilots, Amersfoort Brugdek en Woonweg, en de PNH Geleiderails en PNB Verlichting laten een ander beeld zien. Deze liggen overwegend meer links onder bij 'gevraagde initiatieven door opdrachtgever' en rechtsboven bij 'ongevraagde initiatieven door opdrachtnemer'. Hieruit blijkt dat initiatieven van aannemers op het gebied van circulariteit ongevraagd zijn gemaakt. In essentie, laten deze pilots meer ongevraagde voorstellen van de opdrachtnemer zien, zonder inmenging van de opdrachtgever. Daaruit blijkt dan ook dat de aannemer in deze pilots meer de gelegenheid heeft aangegrepen om ongevraagd voorstellen te doen over circulariteit.



Figuur 11 Mate van gevraagd en ongevraagd circulariteitsinitiatief door aannemer

## 2.3.1.2 Metingen op fysiek effect (op basis van Platform CB23 indicatoren)

### 2.3.1.2.1 Material Circularity Index (MCI) – Doel 1

Tabel 6 geeft de samenvatting weer van CB23 indicatoren voor de pilots. De berekening is gebaseerd op de gebruikte materialen. Er zijn echter enkele categorieën die vergelijkbaar zijn met de infrastructuurobjecten die worden geëvalueerd. De indicator 1.1.2a die verantwoordelijk is voor duurzaam geproduceerde materialen is 0 voor alle materialen, behalve Brugdekken in Amersfoort, dat voor de helft van het materiaal FSC-hout gebruikt. De indicator 1.1.2b voor niet-duurzaam geproduceerde hernieuwbare materialen is dus 0 voor alle gevallen.

De indicator 1.2.1, die secundaire materialen van hergebruik omvat, is 0 voor alle wegen, omdat de weg alleen gerecyclede maar geen hergebruikte inhoud in de asfaltmengsels en materialen kan hebben. Hetzelfde geldt voor BAU-geleiderail (referentiescenario voor Noord-Holland).

De indicator 1.3 over fysiek schaarse materialen is niet beschikbaar met actuele informatie.

Indicator 1.4.1 over sociaaleconomisch schaarse grondstoffen die worden gebruikt, wordt voorgeschreven door de cb23-richtlijnen, d.w.z. er is een lijst van materialen die tot deze categorie behoren (p.43, Platform CB23, 2020). Alleen staal bevat materiaal uit deze categorie omdat het inhoudelijk veel cokeskool bevat. Dit is geormerkt als een socio-economisch zeldzaam materiaal door CB23 (Platform CB23, 2020). Zodra een materiaal niet in 1.4.1 is opgenomen, wordt het materiaal als overvloedig beschouwd (de indicator 1.4.2).

Met de momenteel beschikbare gegevens wordt geen materiaal gebruikt voor energieproductie (indicator 3.1). Sommige materialen worden gestort (indicator 3.2), wat in overeenstemming is met de Milieuproductverklaring (EPD) of Levenscyclusanalyse (LCA) gevonden voor staal (d.w.z. geleiderails), en het is de aanname voor de anti-sliblaag op het houten dek in Amersfoort, en aanname voor de markering (thermoplastische kleuren) - hier werd opgenomen dat in de toekomst 20% van de kleuring kan worden gerecycled volgens de producenten.

De gegevens van het brugdek van Amersfoort en de provinciale weg Overijssel zijn aangeleverd door experts van Dura Vermeer. De gegevens voor de Amersfoort woonweg zijn voor 95% aangeleverd door experts van Dura Vermeer en voor 5% aangevuld door TU Delft (te weten: trottoirkolken, putranden, trottoirbanden, borgband en bestrating laag van gemalen zand). Het gebruikte zand resulteert in een totaal verlies van 1% (d.w.z. verondersteld verlies door weersomstandigheden - regen en onderhoud), terwijl zand niet wordt gebruikt in het referentiescenario. De Noord-Holland data voor geleiderail zijn

deels aangeleverd door Dura Vermeer en aangevuld met de data gevonden door TU Delft. De gegevens van Noord-Brabant voor de materialen waren niet beschikbaar bij de aannemer en werden daarom door de TU Delft meestal met de software DuboCalc verkregen. De casus Noord-Brabant is dan ook een benadering en geen directe afspiegeling van de pilot.

De rapportage van de CB23 indicator voor de referentie en pilot wordt onafhankelijk gemaakt. De inputmaterialen voor de pilot vertegenwoordigen 100% van de materialen, en de input voor de referentie is ook 100% materialen. Daarom is de toename van materialen voor pilot versus referentie niet zichtbaar. Dit verschil speelt met name in twee gevallen een rol: Woonweg Amersfoort en Geleiderails Noord-Holland. Beide AAS pilots hebben de helft minder materialen in vergelijking met de referentie. Amersfoort bereikt dit door te kiezen voor een ander ontwerp voor de weg (R-strategie: Refuse) en Noord-Holland door te kiezen voor een reeds beschikbaar ontwerp dat de helft van de materialen gebruikt (enkelzijdige geleiderail in plaats van dubbelzijdig).

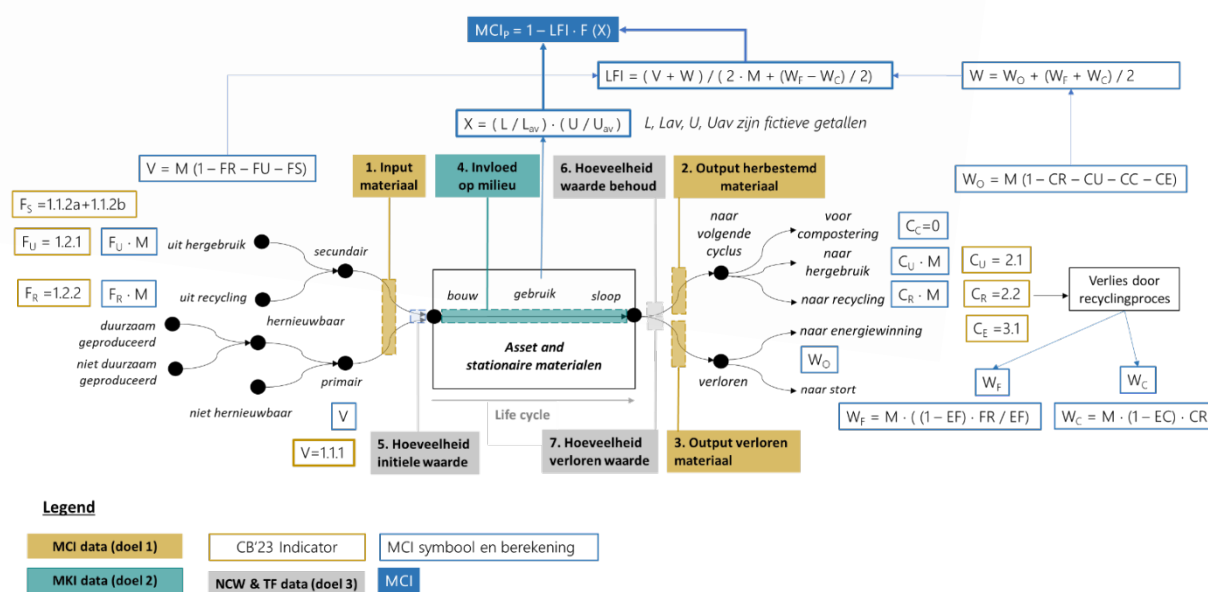
Tabel 6 De samenvatting van de cb23-indicator per pilot, met toevoeging van materiaalverliezen. Referentie is een business-as-usual scenario (BAU) <sup>1</sup>3-5% van de materiaalhoeveelheid geleverd door TUD <sup>2</sup>Gegevenshoeveelheden zijn nog niet beschikbaar, er werd aangenomen dat hout 99% van het materiaal is, 100% hout voor de referentie <sup>3</sup>gerapporteerd door Sweco. Er is geen referentie voor de wegluchten Noord-Brabant en de weg Utrecht Croeselaan. A – Amersfoort; PNB – Provincie Noord-Brabant; PNH – Provincie Noord-Holland; O – Overijssel; U- Utrecht

Pilot	A		PNB		PNH		O	O	U	
Indicator	Woonweg <sup>1</sup> (%)	Woonweg Referentie <sup>1</sup> (%)	Brugdek <sup>2</sup> (%)	Brugdek <sup>2</sup> Referentie (%)	Verlichting (%)	Geleiderails (%)	Geleiderails – Referentie (%)	Provinciale weg (%)	Provinciale e weg – Referentie (%)	Croeselaan <sup>3</sup> (%)
1.1 Hoeveelheid primair materiaal	14,1	19,0	75,3	100,0	61,4	10,6	97,9	44,9	93,4	100,0
1.1.1 Hoeveelheid materiaal dat niet hernieuwbaar is	14,1	19,0	1,0	0,0	61,4	10,6	97,9	44,9	93,4	66,0
1.1.2a Hoeveelheid duurzaam geproduceerd primair materiaal dat hernieuwbaar is	0,0	0,0	74,3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9
1.1.2b Hoeveelheid niet-duurzaam geproduceerd primair materiaal dat hernieuwbaar is	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

1.2 Hoeveelheid secundair materiaal	85,9	81,0	24,7	0,0	38,6	89,4	2,1	55,1	6,6	32,2
1.2.1 Hoeveelheid secundair materiaal uit hergebruik	0,0	0,0	24,7	0,0	0,0	45,0	0,0	0,0	0,0	16,1
1.2.2 Hoeveelheid secundair materiaal uit recycling	85,9	80,3	0,0	0,0	38,6	49,0	2,1	55,1	0,0	16,1
1.3 Hoeveelheid fysiek schaars materiaal	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.4.1 Hoeveelheid gebruikte socio-economische schaarse grondstoffen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0
1.4.2 Hoeveelheid gebruikte socio-economische niet-schaarse grondstoffen	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	99,0	98,5	100,0	100,0	42,9
2 Hoeveelheid beschikbaar materiaal voor volgende cyclus	99,0	99,9	95,0	95,0	98,4	97,2	95,4	99,5	99,4	100,0
2.1 Hoeveelheid materiaal voor hergebruik	7,8	0,2	49,5	0,0	0,0	44,3	30,6	0,0	0,0	22,8
2.2 Hoeveelheid materiaal voor recycling	91,2	99,7	44,6	0,0	98,0	49,0	62,8	99,5	99,4	76,5
3.1 Hoeveelheid materiaal naar energiewinning	0,0	0,0	0,0	95,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.2 Hoeveelheid materiaal naar stort	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	4,0	4,0	0,2	0,2	0,8
Materiaal verlies (gebruik, verwerking etc.)	1,0	0,1	5,0	5,0	1,6	2,6	2,6	0,4	0,4	0,0

De Material Circularity Indicator (MCI) is ontwikkeld door The Ellen MacArthur Foundation (Ellen MacArthur Foundation, 2022). De indicator laat zien hoe circulair en herstellend de materiaalstromen van een product zijn. De indicator is een indexmaat tussen 0 (d.w.z. weinig circulariteit) en 1 (d.w.z. maximale circulariteit).

De MCI kan worden berekend op basis van de indicatoren 1 tot en met 3 van CB23 als inputwaarden. Hierbij moet een belangrijke opmerking worden gemaakt om uit te drukken dat een reeks aannames aan de basis ligt van deze scores in Tabel 6. Deze aannames zijn weergegeven in Figuur 12. Details over de MCI-berekening en definities staan in Bijlage 1.



Figuur 12 Aannames over MCI-berekening met CB23-gegevens

Tabel 7 toont de MCI's voor de pilots, hun referentieproject en de delta. Het laat zien dat voor PNH Geleiderails de MCI-score verbetert van 0,27 naar 0,81, wat een stijging is van 195%. Ook Overijssel laat een hoge mate van verbetering zien, waar het referentieproject slechts 0,10 had, zou de pilot de MCI hebben verbeterd tot 0,43, wat een stijging van 330% is. Ook Amersfoorts Woonweg verbeterde zich met een conservatiever cijfer van 0,59 naar 0,63, waardoor een stijging van 11% werd bereikt. Deze gegevens laten zien dat het AAS-ontwerp op zijn minst zinvolle verbeteringen kan aanbrenge, ongeacht welke stimulans achter de verbeteringen ligt.

De Amersfoort Brugdek scoorde licht lager met 13%. Deze daling is enerzijds te wijten aan het stukje hout met anti-sliblaag dat onbruikbaar wordt als gevolg van de planken na einde levensduur. Anderzijds komt het door een aanname in de MCI berekening dat de efficiency van recycling, hergebruik en energiewinning hetzelfde zijn.

Realistischere efficiency cijfers in de toekomst zullen ervoor zorgen dat de MCI's dichterbij elkaar komen. Voor de Amersfoorts Brugdek is het daarom belangrijk om ook te kijken

naar de onderliggende cijfers van output indicatoren 2.1, 2.2 en 2.3 (tabel 6). Deze laten zien dat ongeveer 95 % van de materialen na einde levensduur zal worden hergebruikt of gerecycled in het laaS model, in plaats van verdwijnt als energiewinning (referentie).

Tabel 7 Material Circularity Index voor de AAS pilots.

Pilots	MCI voor		
	Pilot	Referentie	%Δ
Amersfoort Brugdek	0,85	0,98	-13%
Amersfoort Woonweg	0,65	0,58	11%
Noord Holland Geleiderails	0,81	0,27	186%
Noord Brabant Verlichting	0,33	-	-
Overijssel Provinciale weg	0,43	0,10	330%
Utrecht Croeselaan	0,42	-	-

### 2.3.1.2.2 Milieu Kosten Indicator (MKI) – Doel 2

De MKI meet de milieu-impact van activiteiten en is een gemeenschappelijke waarde voor projecten in Nederland. MKI is een maat die consistent is met Indicator 4 van de CB23-richtlijn voor het meten van circulariteit voor Doel 2 (Tabel 8). De indicator drukt deze effecten uit in euro's. Er wordt dus een financiële waarde toegekend aan de milieueffecten. De hoogte van deze waarden is niet direct van belang voor deze analyse, maar hun procentuele verbetering tussen een AAS en een referentieproject is dat wel. Hieruit blijkt dat Utrecht de hoogste verbetering van de MKI heeft met een kostenreductie van 65,4 %. Toch moet hier worden opgemerkt dat dit geen As a Service-pilot is, zij het dat het vrij hoog scoort op ondernemersvrijheid volgens de niveaus van het product-service systeem.

Andere pilots laten vergelijkbare sterke verbeteringen zien van de AAS-pilot ten opzichte van hun referentie, voornamelijk de Amersfoort Woonweg verminderde de milieu-impact met 56,5% en Noord-Holland Geleiderails verbeterde deze met 48,1% met het As a Service ontwerp.

Overijssel laat ook een verbetering zien in hun As a Service-ontwerp, met een daling van 30,5 %, zij het een iets kleinere verandering dan de andere pilots.



Tabel 8 Milieu Kosten Indicator (MKI) voor IAAS pilots

MKI in € voor:				
Pilot	a) As a service Pilot	b) Referentie project	c) $\Delta$ MKI = a) - (b)	d) $\% \Delta$ MKI = (c) / (b)
Amersfoort Brugdek	-	-	-	-
Woonweg Amersfoort	€ 28.695,00	€ 66.008,00	-€ 37.313,00	-56,5%
Noord Holland Gidsrails	€ 22.954,00	€ 44.229,00	-€ 21.275,00	-48,1%
Noord Brabant Verlichting	-	-	-	-
Provinciale weg Overijssel	€ 239.415,00	€ 344.561,00	-€ 105.146,00	-30,5%
Utrecht – Croeselaan (niet-AAS)	€ 42,375	€ 122.600	-€ 80.225,00	-65,4%

### 2.3.1.2.3 Netto Contante Waarde (NCW) – Doel 3

De NCW-waarde drukt de initiële waarde in economische termen uit voor het As a Service-ontwerp dat wordt voorgesteld. Twee zaken zijn van belang bij het opstellen van goede methode voor deze indicator. Ten eerste, is er op dit moment nog geen consensus over de meest geschikte waarderingsmethodiek om te gebruiken. Ten tweede, werd er in 1.1.2.1 aangegeven dat indicatoren voor doel 3 niet allemaal gebruikt konden worden. We motiveren dat we enkel indicator 5.2 van de CB23 richtlijn gebruiken, te weten: de economische waarde van de materialen bij de initiatie meten. Om deze reden wordt er gekozen voor een conservatieve waardebepaling door enkel de Netto Contante Waarde (NCW) te gebruiken van de realisatiekosten uit het eerste jaar van het contract als de initiële waarde.

Tabel 9. Netto Contante Waarde voor AAS pilots

Pilot	NCW in € voor:		Jaren	% voet	$\Delta$ NCW	$\% \Delta$ NCW
	(a) As a Service pilot	(b) Referentieproject			(c) = (a) - (b)	(d) = (c) / (b)
Amersfoort Brugdek	€ 326k (hout circulair + strips)	€ 340k (hout + slijtlaag)	25	3%	-€ 14k	-4,0%
Amersfoort Woonweg	-	-	50	3%	€ 0	-
Noord Holland Geleiderails	€ 244k (circulaire geleiderail)	€ 371k (volledig nieuwe plaatsen)	60	3%	-€ 127k	-34,3%
Noord Brabant Verlichting	€ 286k (dynamische dimbare LEDs)	€ 0 (bestaande LEDs gebruiken)	8	3%	€ 286k	-
Overijssel Provinciale weg	€ 985k (Nieuw deklaag Ecopave XL)	€ 108k (Onderhoud - 10% lokaal herstel en EAB aanbrengen)	40	3%	€ 877k	810,2%

Tabel 9 toont de NCW-waarden die voor de respectievelijke pilots zijn verkregen. Bij de NCW scores zien we een gemixt beeld van toenames (Provincie Noord-Brabant en Overijssel) en afnames (Gemeente Amersfoort en Noord-Holland). De verandering in scores hangt heel erg af van de geplande interventies aan de voorkant van het As a Service contract. Een toename kan komen door het toevoegen van nieuwe functies aan een asset (zoals dynamisch dimlicht in het geval van Noord-Brabant) ten opzichte van de traditionele start van het contract (referentie). Echter, daar waar een gelijke functie wordt behouden (bijv. bij het fietsbrugdek van de gemeente Amersfoort), of een interventie in zowel de pilot als een referentie noodzakelijk is (bijv. bij de geleiderail van Noord-Holland), zullen de scores minder heftig wijzigen, of bij efficiënte invulling zelfs dalen. Het laat zien dat de initiële waarde afhangt van de waardepropositie die wordt ingebracht. De mate van circulariteit zal zich moeten bewijzen in de twee niet meegenomen indicatoren van waardeverlies en behoud over tijd.

### 2.3.2 Levenscycluskosten

Levenscycluskosten worden gemeten als onderdeel van de maatschappelijke kosten voor het uitvoeren van de As a Service pilot. Het wordt gebruikt om de kosten die extra worden gemaakt te benchmarken om de circulariteitsvoordelen te behalen. De levenscycluskosten worden overgenomen uit kasstroomoverzichten van de aannemer. Deze analyse is een standaardprocedure voor het opstellen van een offerte op basis van een projectvoorstel. Dit gebeurde ook voor de As a Service pilots nadat het ontwerp was vastgesteld. De belangrijkste resultaten van deze analyse zijn uiteindelijk het procentuele verschil in LCC tussen de As a Service pilot en het referentieproject.

Tabel 10 toont de beschikbare LCC gegevens van vijf pilots. Het meest opvallende aan deze gegevens is dat alle As a Service pilots (met uitzondering van de Overijssel en Noord-Brabant pilots) een lagere LCC laten zien ten opzichte van het referentieproject. Deze dalingen lijken relatief gezien in elkaars buurt te liggen, 18,7% tot en met 34,8%. De absolute waarde toont bij PNH de grootste daling. Dit komt door de lange looptijd van 60 jaar.

De LCC van Provincie Noord-Brabant is bijna 30% duurder ten opzichte van het referentieproject. Dit komt deels door de hoge realisatiekosten aan de voorkant van het traject door te investeren in de ombouw van dynamische dimlichten. Het wordt echter gecompenseerd door een grote energiebesparing (58% besparing) die werd bereikt door de overstap naar een digitaal LED-dimsysteem.

De LCC van Overijssel is niet vergelijkbaar in de opgegeven waarden. Dit komt doordat de LCC van het referentieproject in 2022 is gemaakt. Dit is twee jaar later ten opzichte van de kosten voor de As a Service, welke is opgesteld in 2020. Als de LCC's worden verdisconteerd naar dezelfde jaren, dan komen de kosten voor de As a Service iets hoger

uit dan het referentieproject. Bijvoorbeeld, de kosten van de As a Service zouden de kosten op  $5.686k \times 1,03^2 = 6.032k$  uitkomen. Dit is  $6.032k - 5.902k = 130k$  duurder.

Tabel 10 Levenscycluskosten per IAAS-pilot

Pilot	LCC in € voor:		Jaren	% voet	Δ LCC	%Δ LCC
	(a) As a Service Pilot	(b) Referentieproject				
<i>Amersfoort Brugdek</i>	€ 647k	€ 795k	25	3%	-€ 149k	-18,7%
<i>Amersfoort Woonweg</i>	€ 284k	€ 387k	50	3%	-€ 103k	-26,7%
<i>Noord Holland Geleiderails</i>	€ 662k	€ 1.016k	60	3%	-€ 354k	-34,8%
<i>Noord Brabant Verlichting</i>	€ 746k	€ 576k	8	3%	+€ 170k	+29,5%
<i>Overijssel Provinciale weg</i>	€ 5.686k (datum: 2020)	€ 5.902k (datum: 2022)	40	3%	N/A	N/A

## 2.4 Financiële modellen

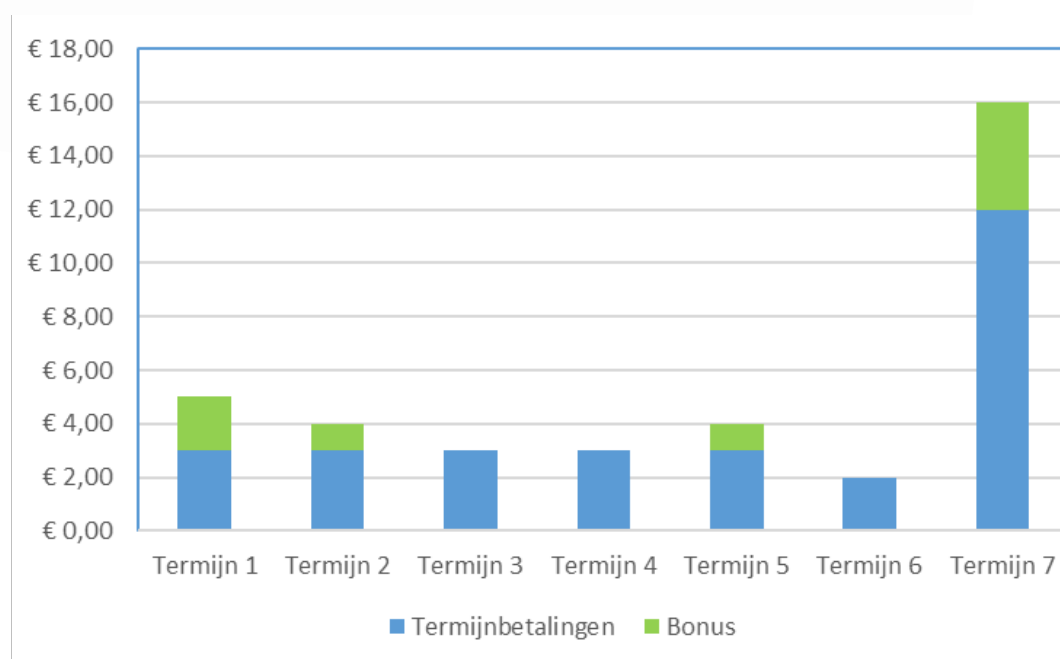
Zodra de pilots een succesvol concept van een service hebben opgeleverd, dan is schaalvergroting de volgende stap. Doordat de pilots zelf nog niet in de uitvoering zijn gekomen, is er in de pilots niet geëxperimenteerd met een financieringsvraag. Om hier toch in het onderzoek ook aandacht aan te geven, wordt er in deze paragraaf ingegaan op de vraag hoe een laaS gefinancierd kan worden via het bankwezen. Het beeld wat hieronder wordt weergegeven is het resultaat van de financiële werkgroep en de restwaardewerkgroep van De Circulaire Weg die beide hieraan gewerkt hebben. Deze werkgroep bestond uit banken, de aannemer, opdrachtgevers en de programma manager van De Circulaire Weg. Het geeft weer hoe het gekozen business model werkt en hoe tegen potentiële financiering aangekeken wordt in geval van financieringsaanvragen.

### Hoe werkt het business model?

Een opdrachtnemer betaalt een vergoeding voor het gebruik van de dienst (periodieke vergoeding). In de infrastructuur is het gebruikelijk om contracten van 7 tot 15 jaar af te sluiten (met een enkele uitzondering naar 20 jaar) terwijl de assets (tientallen) jaren langer meegaan. Feitelijk wordt de dienst dus niet over de gehele looptijd afgenomen, maar tussentijds beëindigd, waarna op zoek gegaan wordt naar een nieuwe dienstverlener voor instandhouding van de asset en/of de dienst. Om de dienst te beëindigen wordt de restwaarde van de asset door opdrachtgever aan opdrachtnemer vergoed. Hiermee

ontstaat de stimulans om de weg zo goed mogelijk achter te laten en daardoor een hogere restwaarde te ontvangen.

De vergoedingsstructuur bestaat uit een serie termijnbedragen (periodieke vergoeding), een vooraf vastgestelde restwaarde en een delta restwaarde om de daadwerkelijk geleverde over- of onderwaarde te verrekenen. Een versimpelde versie is hieronder weergegeven. Termijnbetalingen bestaan uit een vast basisbedrag en deze fluctueert met bonus (groen) of malus (lager bedrag) (Figuur 13). De laatste termijnbetaling (weergegeven als blauw) is de restwaarde ex ante. Indien de aannemer een betere weg oplevert dan aan de voorkant overeengekomen dan ontvangt deze ook de gegenereerde meerwaarde (groen). Levert de aannemer een slechtere weg op, dan valt de restwaarde (blauw) lager uit).



Figuur 13 Weergave van termijnbetalingen voor laaS model

### Restwaarde in het business model

Dit business model werkt dus met een restwaarde die wordt afgesproken aan de voorkant. De restwaarde moet daardoor ook bepaald worden middels een methodiek. Het programma laat zien dat dit geen eenvoudige klus is, mede doordat waarde meerdere dimensies in zich draagt (zoals technisch, functioneel en economisch). Er bestaan diverse methodieken voor ieder van deze waardedimensies, waardoor de optelsom bij berekeningen niet per definitie valide is. Dit maakt de restwaardebepaling een complexe taak waar in het vervolg nog een onderzoekopgave ligt. Het programma heeft een praktijkgericht onderzoek uitgevraagd aan Rebel Group om een restwaarde berekening op te stellen. De methode gaat er vanuit dat waardering kan worden gedaan op het contract, en niet op de assets. Dit is een vereenvoudiging van de complexiteit, maar is daardoor wel voldoende werkbaar bevonden om in de pilots verder mee te

kunnen. Deze is dan ook door een aantal pilots aangenomen en uitgewerkt voor het opstellen van de contracten. De vraag is echter vervolgens hoe de projecten met deze restwaarde in het business model kan worden gefinancierd.

### **Hoe beschouwt de financier het business model?**

De banken geven aan dat laaS complex is, complexer dan andere PaaS modellen die zij financieren. Als voorbeeld wordt het feit genoemd dat het contract eerder afloopt dan de economische levensduur van de assets. Door die overdrachtsmomenten, aan het einde van het contract, heb je een risico dat de circulaire of laaS gedachte afneemt of verloren gaat. Hier moeten goede oplossingen voor bedacht worden zoals gebruik van restwaarde of het onderbrengen van een (dynamisch) materialenpaspoort in een aparte entiteit die altijd meegaat met de asset. Gedurende de looptijd van het contract zijn de prikkels aanwezig om circulair te werken (bonus / malus systeem in periodieke vergoeding én in de restwaarde). We zien dat het denken vanuit laaS circulair werken bevordert, dus het is nu van belang om te kijken hoe dit doorontwikkeld kan worden tot een bewezen en schaalbaar model.

Idealiter is een schaalbaar PaaS model een standaard model. Een aantal kenmerken aan circulair bouwen vormen hier een uitgangspunt voor, zoals:

- de opdrachtgever moet juridisch verantwoordelijk blijven;
- de duur van een contract duurt langer dan de levensduur van een asset;
- er is nog een beperkte markt voor secundaire producten en materialen.

De uiteindelijke vorm van het business model heeft hier rekening mee gehouden. Het balanceert daarmee tussen het bereiken van circulair bouwen en de afweging van andere belangen in de sector, zoals het voorkomen van een langdurige lock-in voor de opdrachtgever en het stimuleren van marktwerking. Uiteindelijk zorgt een dergelijke afweging ook voor de aantrekkelijkheid van het model en de verdere opschaling van laaS daarmee.

### **Wat is nodig voor opschaling?**

Als initiator financiert Dura Vermeer in deze fase zelf met eigen vermogen. Op basis van de ervaringen van Dura Vermeer als eigen vermogen investeerder in infrastructuurprojecten is het risicoprofiel acceptabel. De gehele investering, inclusief het vereiste rendement op het eigen vermogen, wordt terugbetaald gedurende de looptijd van het contract. De verplichtingen voor het ontwerp, realisatie en onderhoud zijn doorgelegd aan entiteiten van Dura Vermeer die hiervoor de benodigde ervaring en expertise hebben.

Ten tijde van de looptijd van het programma is naar voren gekomen dat opdrachtgevers, als overheid zijnde, goedkoop kunnen lenen. De rentestand was zelfs 0 % voor de overheid. Dit bracht de optie op tafel dat opdrachtgevers wellicht een rol zouden kunnen spelen bij het goedkoop financieren van een laaS in opschaling. Op de langere termijn is dit echter geen stabiele bron van financiering, gezien de lengte van contracten en de mogelijke politieke wisselingen die de continuïteit eerder kunnen frustreren dan bevorderen. Hiervoor, dient de markt dan ook als een stabielere bron die minder onderhevig is aan dat soort schommelingen.

Voor opschaling zal daarom op termijn externe bancaire financiering nodig zijn. Dit is nodig om de reden dat financiering niet de primaire activiteit van Dura Vermeer is en het resulteert in langjarig kapitaalbeslag. In het vervolg op dit programma worden de voorwaarden gedefinieerd die noodzakelijk zijn om bancaire financiering rond te krijgen. Geconstateerd is dat standaardisatie, voorspelbaarheid van de kasstromen en omvang van het project daarbij belangrijke punten zijn. De bank kijkt of de partijen hun verplichtingen kunnen nakomen, in dit geval lokale overheden en gerenommeerde bouwbedrijven. Het standaardiseren van de contracten en business model draagt ook bij aan voorspelbaarheid en betrouwbaarheid. De vanuit het perspectief van een bank en van de aannemer gewenste omvang van een project of financiering wordt idealiter bereikt door het aangaan van grote projecten of door een set aan vergelijkbare projecten samen te voegen in 1 aanvraag (portfoliofinanciering). Het is daarom aan te bevelen een propositie te ontwikkelen voor 1 of enkele assets, zodat het mogelijk is om een portfolio aan vergelijkbare en gestandaardiseerde projecten op te bouwen.

- In conclusie, zou het volgende kunnen worden geadviseerd, aangaande de manier hoe het laaS model gefinancierd kan worden: de bank kan financieren op de betaalstromen tot de 'ex ante restwaarde' (=laatste termijn) en de onderliggende asset.
- het risico op waardevermindering (= 'delta restwaarde') van deze laatste termijn ligt bij de opdrachtnemer
- om deze laatste termijn ook op te nemen in de financiering dient de opdrachtnemer een garantie te geven.

In het vervolg zal beoordeeld moeten worden of deze waardepropositie interessant is voor alle betrokkenen.

# De projecten

Amersfoort – Brugdekken

Amersfoort – Woonweg

Amsterdam – Tijdelijke weg

Noord Brabant – Licht

Noord Holland – Geleiderails

Overijssel – Weg

Utrecht - Weg

### 3. De projecten




In dit hoofdstuk beschrijven we de zeven pilot studies langs alle onderwerpen die in hoofdstuk 2 in het algemeen zijn behandeld.

#### 3.1 Pilots Overzicht

De pilots hebben allemaal een andere begin en einddatum en dynamiek gekend. In onderstaande Tabel 11 zie je een overzicht hiervan. Er zijn zeven pilots uitgevoerd in het programma. Niet elk project heeft alle fasen van het infra As a Service-model al doorlopen. Hieronder een schematische weergave van de status van iedere pilot in juni 2022. Dit hoofdstuk rapporteert over alle zeven beschouwde pilots, inclusief Amsterdam, dat het ontwerp niet afrondde (daarom is IAAS niet inbegrepen), en Utrecht, dat als een traditioneel contract bleef maar werd gebruikt als een controle om te vergelijken met andere IAAS-modellen. De pilots met volledige analyse (IAAS, stakeholderanalyse en materiële circulariteit) bevatten een samenvatting over kernpunten uit de pilot, betreft de R-strategieën, circulaire elementen, CB23-indicatoren en de belangrijkste barrières en enablers.

Tabel 11 Pilot status

Pilot	Plan van Aanpak	Programm a van Eisen	Aanbieding	Contract	Uitvoering	Gebruik / monitoring
Vervanging fietsbrugdekken Amersfoort	Afgerond	Afgerond	Afgerond	Afgerond	Huidige fase (juni '22)	
Reconstructie JP Heijelaan Amersfoort	Afgerond	Afgerond	Afgerond	Huidige fase (juni '22)		
Geleiderail as a service Noord-Holland	Afgerond	Afgerond	Afgerond	Huidige fase (juni '22)		
Duurzame wegverlichting Noord Brabant	Afgerond	Afgerond	Afgerond	Afgerond	Afgerond	Huidige fase (juni '22)
Duurzaam wegbeheer N739 Overijssel	Afgerond	Afgerond	Afgerond	Niet als IAAS uitgevoerd		
Tijdelijke weg bij ArenA Amsterdam	Afgerond	Afgerond	Huidige fase (juni '22)			
Reconstructie Croeselaan Utrecht	Niet als IAAS uitgevoerd	Niet als IAAS uitgevoerd	Niet als IAAS uitgevoerd	Niet als IAAS uitgevoerd	Niet als IAAS uitgevoerd	Niet als IAAS uitgevoerd

	Afgerond
	Huidige fase (juni '22)
	Niet als IAAS uitgevoerd



## 3.2 Amersfoort: Brugdek

Amersfoort ligt in de provincie Utrecht en heeft ongeveer 150 duizend inwoners in de bredere gemeente en 140 duizend inwoners in de wijk. Het heeft een bevolkingsdichtheid van ongeveer 2500 inwoners per vierkante kilometer. In Amersfoort worden twee projecten gerealiseerd, twee brugdekken en een woonweg.

Het doel van deze pilots is om te bepalen in hoeverre een samenwerking op basis van 'as-a-service' in een stedelijke omgeving leidt tot een ideale contractvorm die resulteert in maximale circulariteit en lagere LCC.

Het project richt zich op de top van de R-strategieën: Rethink. Met Rethink krijgt het ontwerp prioriteit omdat deze strategie er de nadruk op legt dat minder materiaalverbruik beter is. Hieropvolgend wordt gekeken naar het gebruik van duurzame materialen, terwijl tevens de herbruikbaarheid en recycling worden bekeken.

### 3.2.1 Pilot beschrijving

De IAAS vervangt de houten brugdekken met duurzamer hout. De brug wordt voornamelijk gebruikt door voetgangers en fietsers en is niet bedoeld voor gebruik door voertuigen (met uitzondering van onderhouds- en hulpverleningsvoertuigen).

De aanpak van kosten en budget om oplossingen te vinden is gebaseerd op een 'open boek'. Het doel is om de geluidshinder te verhelpen met de aanpassing van de brugdekken. Bewonersparticipatie werd overwogen, maar werd uiteindelijk niet meer toegepast, vanwege de kleinschaligheid van het publiek.

De gemeente ziet potentie in de optimalisatie van een business case, omdat er met de dynamiek tussen levensduur en milieueffecten kan worden gespeeld. Dit speelt met name bij de materiaalkeuze tussen hout en kunststof voor de brug.

Het doel van het project was om de haalbaarheid te onderzoeken van hergebruik van de houten planken voor het voetpad. Tijdens het schrijven van dit rapport waren de testen nog aan de gang. De eerste inzichten uit de testen toonden aan dat de voorbereiding van deze planken intensief en inefficiënt kan zijn. Dit had achteraf gezien tot een andere doelstelling kunnen leiden.

#### 3.2.1.1 Huidige staat

Momenteel zijn de houten brugdekken niet in optimale staat, zijn ze hinderlijk voor het comfort (vooral voor fietsers) en geven overlast door geluidsemisies.

#### 3.2.1.2 De scope

Het project vervangt twee brugdekken van de Nieuwlandbruggen: B297 Watersteeg – Grote Poelslak (1998), B311 Watersteeg – Rietvoorn (2002). Het houdt rekening met de

vervanging van de houten brugdekken en het onderhoud. Andere brugelementen, zoals verbindingen, basis, leuning en andere onderdelen vallen buiten de scope van de pilot. De brug en het brugdek worden getoond in Figuur 14.



Figuur 14 Brug- en brugdek in Amersfoort

### 3.2.2 As a Service framework

Het IAAS-model bestaat uit drie delen: de beoordeling van de service, de verdeling van de verantwoordelijkheid (klant, aannemer) en circulaire strategieën in de service. Het IAAS-model is weergegeven in Figuur 15, met kleuronderscheiding voor de opdrachtgever (blauw) en de aannemer (geel). De gemeente Amersfoort als opdrachtgever vormt de eisen en hoe deze dienen te worden gerealiseerd (op functioneel en structureel niveau). De kenmerken die aan de aannemer worden overgelaten om te beslissen zijn weergegeven met geel (dit is met name op functioneel en structureel niveau).

Het IAAS-model voor het brugdek bevat circulariteit op het hoogste vraagniveau met een verzoek om een "circulair en functioneel brugdek te leveren" (zie Figuur 15). De functionaliteit van het asset is essentieel en moet op een hoog niveau staan voor alle infrastructuur, omdat het in functies voor het publiek voorziet. Vier lagere eisen worden gecreëerd om te voldoen aan de belangrijkste vraag, te weten: veiligheid, beschikbaarheid, comfort en duurzaamheid.

Veiligheid is een gemeenschappelijk kenmerk van alle assets, en hier gaat het om nationale richtlijnen, technische parameters (zoals doorbuiging), alsmede interne gemeentelijke richtlijnen (Handboek Inrichting Openbare Ruimte). Dit laatste omvat circulaire elementen (op structureel niveau). De technische parameters voor de IAAS omvatten alleen de specificatie van het brugdek, omdat de brugstructuur in het algemeen buiten de scope valt. Niet alle technische parameters zijn in de Figuur

opgenomen, omdat deze in de richtlijnen en het contract zijn opgenomen. Een ander aspect van veiligheid voor bruggen is de zonescheiding voor fietsers en voetgangers (de brug wordt niet gebruikt als verkeersbrug voor voertuigen). Net als bij veiligheid wordt het element van zonescheiding voorgeschreven door de normen. Kleine elementen worden overgelaten aan de aannemer om te beslissen, zoals de kleur. Hoewel het specifiek is dat rood en grijs worden gebruikt voor respectievelijk fiets- en voetgangersgebied, is het aan de aannemer om het type kleur te kiezen. De gemeente sprak de hoop uit dat deze beperkingen in de toekomst worden versoepeld, zodat aannemers meer vrijheid hebben (zonder de veiligheid in gevaar te brengen). Bovendien, heeft de kleur die op de brug wordt gebruikt invloed op de mate van circulariteit. Het kan bijvoorbeeld zijn dat de gekleurde onderdelen moeten worden verwijderd, waardoor de mate van mogelijk hergebruik en recycling wordt verminderd.

De volgende vraag is de beschikbaarheid van de brug (met name 24/7). Deze vraag is gekoppeld aan veiligheid en onderhoud. Het onderhoud moet zodanig worden uitgevoerd dat het gebruik van de brug mogelijk is met inachtneming van de veiligheidsnormen. Hier werd een bonus/malus toegepast (structureel niveau) om de beschikbaarheid van de brug te waarborgen, d.w.z. financiële gevolgen als de brug minder/meer dagen beschikbaar is dan in het contract is vastgelegd.

Tijdens de contractformulering is besproken of de drainagevoorzieningen zouden worden meegenomen. Er is besloten dat alleen het brugdek onder de scope van het contract valt en dat de huidige kenmerken (zoals waterafvoer) voldoende zijn, maar het contract strekt zich hier niet toe uit. Het dekonderhoud zelf is aan de aannemer om te beslissen (gele kleur). Dit hangt samen met het goed ontworpen en losmaakbaar ontwerp op circulair vraagniveau (rechtterkant van Figuur 15), omdat de reparatie van de brug zowel circulair moet zijn als de overlast voor het publiek moet beperken. Dit komt tot uiting in de circulaire kenmerken voor dekreparatie en de gebruikte materialen (geel en omcirkeld).

Het comfort van de brug is een belangrijke vraag voor deze IAAS omdat de geluidsoverlast en fietsongemakken het begin waren voor het renoveren van de brugdekken. Het comfort heeft verschillende elementen: het materiaalgebruik zelf (bijv. glad, maar niet te glad), de openingen tussen de planken op de brug en het geluid dat het maakt tijdens het gebruik van de brug. Dat laatste kan indien nodig worden gemeten, maar de belangrijkste indicatoren zijn klachten van de bewoners (die eerder klaagden over de geluidsoverlast). Als er geklaagd wordt, wordt eerst contact opgenomen met de gemeente (opdrachtgever), want dat is wat bewoners gewend zijn. Het toevoegen van een apart contact alleen voor twee kleine bruggen werd niet als nuttig gezien. De klachten worden vervolgens doorgestuurd naar Dura Vermeer (aannemer), en het is aan hen om de klacht op te lossen/af te handelen (de brug onderhouden).

Het laatste vraagkenmerk is duurzaamheid. Er zijn drie functionaliteiten aan deze vraag: het verbeteren van de materiaalkwaliteit van de huidige staat, het bieden van circulariteit en het verlagen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Terwijl het materiaal grotendeels hetzelfde blijft, d.w.z., houten planken, wordt de kwaliteit van de planken verbeterd doordat het hout een extra laag krijgt voor grip en structuur om het fietscomfort te verbeteren. Het is bestand tegen zout (in de winter). De zoutverdeling wordt in de winter door de gemeente afgehandeld en maakt geen deel uit van het onderhoud. Er is ook voor hout gekozen omdat het toepassen van duurzame materialen belangrijk is voor de gemeente Amersfoort. Het gaat om hernieuwbare of hergebruikte materialen uit niet-nieuwe (primaire) bronnen. Op circulariteitsniveau vertaalt zich dit in een reductie van de primaire materialen. Het verwijst naar de topstrategie van de klant, namelijk **Rethink and Reduce**: als (nieuwe) materialen kunnen worden vermeden, moeten ze worden vermeden. Hoewel hout het primaire hernieuwbare materiaal is, wordt 50% van de materialen op dezelfde locatie **hergebruikt** (hout van fietspaden wordt toegepast op het voetpad). Het primaire hout dat wordt gebruikt in de brug is FSC gecertificeerd (Forest Stewardship Council, 2022). Hoewel dit een van de best beschikbare labels voor hout is (Sánchez-Almendro et al., 2018), is er een gebrek aan diepgaande evaluatie om te bevestigen dat de etikettering echt duurzaam is (Conniff, 2018). Hout als materiaal biedt een hoge mate van **herbruikbaarheid** en **recycling** aan het einde van zijn levensduur. De verwachting is dat de materialen deels **hergebruikt** kunnen worden voor bruggen, of anderszins lokaal **kunnen worden hergebruikt**, en dat de onderdelen die niet van voldoende kwaliteit zijn, kunnen worden **gerecycled**.

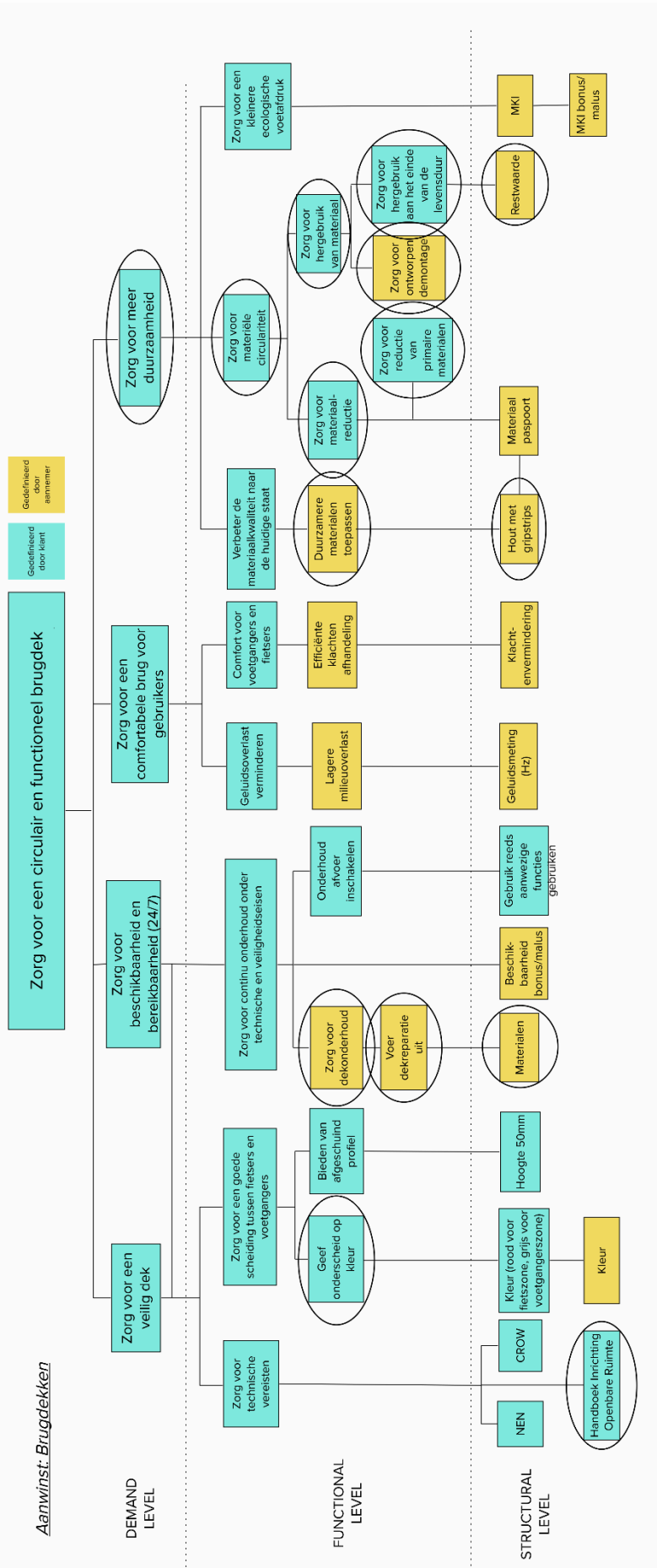
De laatste duurzaamheidsfunctie is de afname van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, die wordt gemeten als een verlaagde MKI-waarde. Er werd ook besproken welke uitbreiding van de biodiversiteit als onderdeel van het contract moet worden opgenomen. Hoewel het voorlopig is uitgesloten van de IAAS, gebeurt het monitoren van de vogels die onder de brug nestelen buiten de scope. Er is ook geformuleerd dat er geen puin in het waterlichaam onder de brug mag komen als onderdeel van de renovatie en het onderhoud om eventuele milieueffecten en schade aan de biodiversiteit te voorkomen.

#### Prestatie-eisen en elementen

- Geluidsoverlast: decibel is geen probleem. Het is de ervaring (irritatie). Geluidsoverlast tijdens de uitvoering moet zo beperkt mogelijk zijn (maar beperkt het project niet). De geluidsproductie als gevolg van het gebruik van de brug mag de huidige situatie niet overschrijden.
- Fietscomfort en voetgangerscomfort. Bijvoorbeeld platte brug en openingen (max. 10mm). Er is echter geen objectieve methode om dit te meten.
- Veiligheid. Er moet onderscheid worden gemaakt tussen fiets-voetgangerszone met een afgeschuind profiel, hoogte 50 mm. Langs de randen van het brugdek

moet een schrikstrook worden aangebracht. De kleur van de slijtlaag is bij voorkeur rood voor de fietszone en grijs voor de voetgangerszone.

- Stijfheid. (Volgens NEN 2873) Volgens CROW-waarschuwingsniveau
- Gladheid aan dek. Ze bevinden zich in een strooiroute en zijn uitgerust met zoutkisten - dat is echter geen vereiste voor het project. Materialen zelf moeten bestand zijn tegen langdurige blootstelling aan vocht.
- Beschikbaarheid 24/7: gelimiteerde remming tijdens de uitvoering. De brug is beschikbaar voor voetgangers tijdens de uitvoering. Bonus/malus op aantal dagen gesloten voor werk.
- Materialen moeten bestand zijn tegen strooizout en de onderconstructie moet beschermd zijn tegen het uitstrooizout.
- Onderhoudbaarheid: tijdens het repareren van dekschade moet het gemakkelijk zijn om de dekonderdelen te vervangen.
- Tijdens de uitvoering is het noodzakelijk om te voorkomen dat materialen in het onderliggende water terechtkomen.
- MKI (lagere MKI dan referentieontwerp).



Figuur 158 Als servicemodel voor brugdek in Amersfoort. Gebaseerd op Van Ostaeeyen et al. (2013) omvat de hiërarchie drie niveaus: vraag, functie en structuur. Daarnaast is er een onderscheid tussen de elementen gedefinieerd door de opdrachtgever (blauw) en opdrachtnemer (geel). Zowel opdrachtnemer als opdrachtgever definiëren de omcirkelde elementen als cirkelvormige elementen.

### 3.2.3 Hoogtepunten van de pilot

Pilot Kaart: Amersfoort Brugdek				
10Rs geïntegreerd	IAAS circulaire elementen	CB'23 indicator 1-3	Belangrijkste enablers (Top 5)	Belangrijkste barrières (Top 5)
<p><b>Rethink</b> Geïmplementeerd in het ontwerp, duurzame materialen en verlengde levensduur van de materialen.</p> <p><b>Reduce</b> In het ontwerp uitgevoerd: "als materialen kunnen worden vermeden, moeten ze dat doen." Primaire materialen werden verminderd</p> <p><b>Reuse</b> Uitgevoerd: oude houten planken worden hergebruikt in het voetpad</p> <p><b>Repair</b> Dekherstel en onderhoud uitgevoerd</p> <p><b>Refurbish</b> Geïmplementeerd: oude houten planken worden opgeknapt (laag wordt toegevoegd)</p> <p><b>Recycle</b> Het hout kan ook aan het einde van de levensduur worden gerecycled Potentieel: <b>Repurpose</b> hout lokaal</p>	<p><b>Vraagniveau (1)</b> Verhoog de duurzaamheid</p> <p><b>Functioneel niveau (10)</b> Zorgen voor materiële circulariteit, Toepassen van duurzame materialen, Zorgen voor materiaalreductie, Vermindering van primaire materialen, Zorgen voor hergebruik van materialen, Hergebruik aan het einde van de levensduur Goed ontworpen demontage Circulair onderhoud Circulaire reparatie van het dek Kleurkeuze</p> <p><b>Structureel niveau (4)</b> Materialen (2) Rest waarde Interne richtlijnen</p>	<p>Indicator 1.1 – 75.3%</p> <p>Indicator 1.1.1 - 1%</p> <p>Indicator 1.1.2a – 74.3%</p> <p>Indicator 1.1.2b - 0%</p> <p>Indicator 1.2 – 24.7%</p> <p>Indicator 1.2.1 – 24.7%</p> <p>Indicator 1.2.2 - 0%</p> <p>Indicator 1.3 – N/A</p> <p>Indicator 1.4.1 - 0%</p> <p>Indicator 1.4.2 - 100%</p> <p>Indicator 2 – 87.1%</p> <p>Indicator 2.1 - 49.5%</p> <p>Indicator 2.2 - 37.6%</p> <p>Indicator 3.1 - 0.0%</p> <p>Indicator 3.2 - 1.0%</p> <p>Materiaalverlies - 11.9%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opgedane kennis</li> <li>- De behoefte aan verandering/het initiëren van verandering</li> <li>- Bouwteam-achtige samenwerking/initiële facilitering</li> <li>- Vrijelijk kennis delen</li> <li>- Ondersteunende houding van managers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afkeer van procedure/behoefte aan overtuiging (intern)</li> <li>- Kenniskloof en kennisoverdracht</li> <li>- Verkeerde afstemming tussen willen veranderen en bereidheid om te veranderen</li> <li>- Complexe projecten</li> <li>- Moeilijk te identificeren voordelen ex-ante</li> </ul>

Figuur 16 Pilot card voor Bridge deck in Amersfoort als servicemodel.

## 3.3 Amersfoort: Woonweg

### 3.3.1 Pilot beschrijving

Het project Dr. Jan Pieter Heijelaan is een weggetje in de woonwijk. De weg loopt vanaf de Stichtse Ronde (vanaf het fietspad), inclusief de Potgieterlaan (naar fietspad Utrechtseweg). Het is een toegangsweg met trottoirs aan beide zijden. Het valt onder beschermd stadsgezicht. Het ontwerp had dezelfde principes als het brugdek, d.w.z. minder is beter. De bewoners waren betrokken bij de ontwerpfase, waarbij de tweebaansweg werd veranderd in een eenbaansweg. Het nieuwe ontwerp voor de weg kwam van de opdrachtgever los van het IAAS-proces. De precieze activiteiten en scope werden vervolgens besproken in het kader van de IAAS. De verlichting is bewust uitgesloten van de scope van IAAS om de complexiteit behapbaar te houden met het eerste contract.

De referentievariant vertegenwoordigt het "oplappen" van de huidige weg met dezelfde materialen als nu.

### 3.3.1.1 Draagwijdte

#### Wegverharding: Asfalt en fundering

Van de gehele constructie worden boorkernen genomen om de kwaliteit van de gebruikte materialen te bepalen, en dus in welke hoedanigheid ze nog bruikbaar zijn en welke werkzaamheden nodig zijn. De huidige schatting betreft 20 cm asfalt, 30 cm fundering, met 50 cm zand eronder. Zo moet er nog onderzoek worden gedaan naar het teergehalte van het asfalt en de eigenschappen van het zandlichaam. Zonder teer kan het volledig worden gerecycled.

#### Weginrichting: trottoir, riolering, verkeersborden

Een andere overweging is dat het regenwater op natuurlijke wijze kan infiltreren en niet in het (gemengde) riool terechtkomt. Dit heeft gevolgen voor de ligging (hoogte) van de wegconstructie. Op dit moment is de aanname dat er veel zand aanwezig is, waardoor de kans op infiltratie groot is. Hiermee kan rekening worden gehouden vanuit het ontwerp. De riolering valt niet in de scope, maar er zijn andere mogelijkheden om ervoor te zorgen dat regenwater lokaal wordt geïnfiltreerd. Dit draagt bij aan de duurzaamheid van de straat en de stad. De berm en bewegende kabels en leidingen behoren niet tot de scope.

### 3.3.1.2 Alternatieven (overwegingen voordat u een IAAS-contract bereikt)

Er zijn drie scenario's met verschillende levensduur overwogen en berekend (10, 20 en 50 jaar). Het uiteindelijke scenario stelt de technische levensduur vast op 50 jaar, zodat rekening wordt gehouden met (milieu)kosten door bouw, beheer en andere activiteiten.

Verschillende scenario's met betrekking tot de omvang van de service werden overwogen:

1. alleen reconstructie (wat niet logisch is voor een servicecontract);
2. reconstructie + onderhoud;
3. reconstructie + onderhoud + beheer (waarbij de ogen en oren ook bij de aannemer worden geplaatst).

Scenario 2 is gekozen omdat onderhoud wordt gezien als een van de vereisten voor het servicemodel. Er is rekening gehouden met het idee om het management op te nemen, maar de reikwijdte is te klein om het efficiënt te maken. Onderhoud is beperkt tot alleen de scope van het project (bijv. wegverharding) of aangevuld met klein onderhoud en zorgmaatregelen (zoals oplapwerk, het verwijderen van onkruid, het schoonhouden / vegen).



Tijdens het beslissingsproces is afgesproken om met deze activiteiten in gedachten te zoeken naar circulaire oplossingen met de laagste LCC in het achterhoofd en vervolgens later te bepalen wat wel/niet binnen de uiteindelijke scope van de dienstverlening valt. Het doel is om te zoeken naar optimale oplossingen met betrekking tot het behoud van de waarde van grondstoffen en LCC (ronde 1) en dan te kijken wat er echt past (ronde 2).

### 3.3.2 As a Service framework

De top-down benadering van Amersfoort voor de R-strategieën is zichtbaar in het IAAS-model voor de woonweg. De belangrijkste vraag is het aanbieden van functionele en duurzame wegen, vergelijkbaar met de vraag naar brugdek (circulair en functioneel).

Er zijn drie eisen die zijn gekozen om aan de belangrijkste vraag te voldoen: veiligheid, beschikbaarheid, duurzaamheid. Duurzaamheid omvat twee eisen met betrekking tot circulariteit en esthetica. Figuur 17 geeft de belangrijkste kenmerken en elementen van het IAAS-contract weer, met een onderscheid tussen wat door de klant is gedefinieerd (in blauw) en elementen die de aannemer zal beslissen (in geel).

Veiligheid met betrekking tot de woonweg gaat over het handhaven van de nationale richtlijnen, waaronder de technische parameters. Enkele voorbeelden worden op structureel niveau opgesomd, zoals verkeersborden en tractie; andere technische parameters zijn de gladheid van de weg, stijfheid, wegmarkeringen, enz. Naast landelijke eisen voor de woonweg heeft de gemeente ook interne richtlijnen die gelden voor IAAS en circulaire elementen bevatten.

De beschikbaarheid van de weg moet op een veilige manier worden voorzien en de activiteiten omvatten het onderhoud van de weg. Het onderhoud zelf moet circulaire elementen bevatten. Dezelfde principes van **Rethink** en **Reduce** zijn hier van toepassing, omdat het vermijden van reparaties kan leiden tot meer circulariteit en duurzaamheid. Het onderhoud moet dus effectief en slim zijn om zich aan die principes te houden. Alle functionele kenmerken van het onderhoud worden door de klant (in blauw) gespecificeerd. Hier is een uitzondering ingebouwd voor de reparatie-aspecten van het onderhoud, welke onder de verantwoordelijkheid van de aannemer vallen. De materialen die tijdens het onderhoud worden gebruikt, moeten dezelfde circulaire kenmerken bevatten als circulariteit en duurzaamheidseisen op andere aspecten van het werk. Net als bij het brugdek is de klachtenafhandeling van de bewoners een van de belangrijkste functionaliteiten. Daarbij hoort ook een reconstructie van de weg bij, die de overlast voor de bewoners moet minimaliseren. Onderhoud treedt ook op wanneer de bewoners de gemeente op de hoogte stellen van, bijvoorbeeld, gaten en scheuren in de weg. De klacht wordt doorgestuurd naar Dura Vermeer en de afhandeling van de klacht wordt overgelaten aan de aannemer. De bewoners kunnen ook klachten indienen waar het gaat

om geluidsoverlast door de staat van de weg of het onderhoud. De geluidsemissies worden niet periodiek gemeten maar worden hier opgenomen als voorbeeld van de indicator bij de klachtenafhandeling. De grenzen van wie verantwoordelijk is voor wat zijn ook open voor discussie met betrekking tot concrete klachten, omdat sommige buiten het bereik van het contract kunnen vallen. Er wordt ook rekening gehouden met efficiënt onderhoud, dat is afgestemd op de kosten, omdat de klant ervoor wil zorgen dat een koste efficiënte aanpak wordt gevolgd.

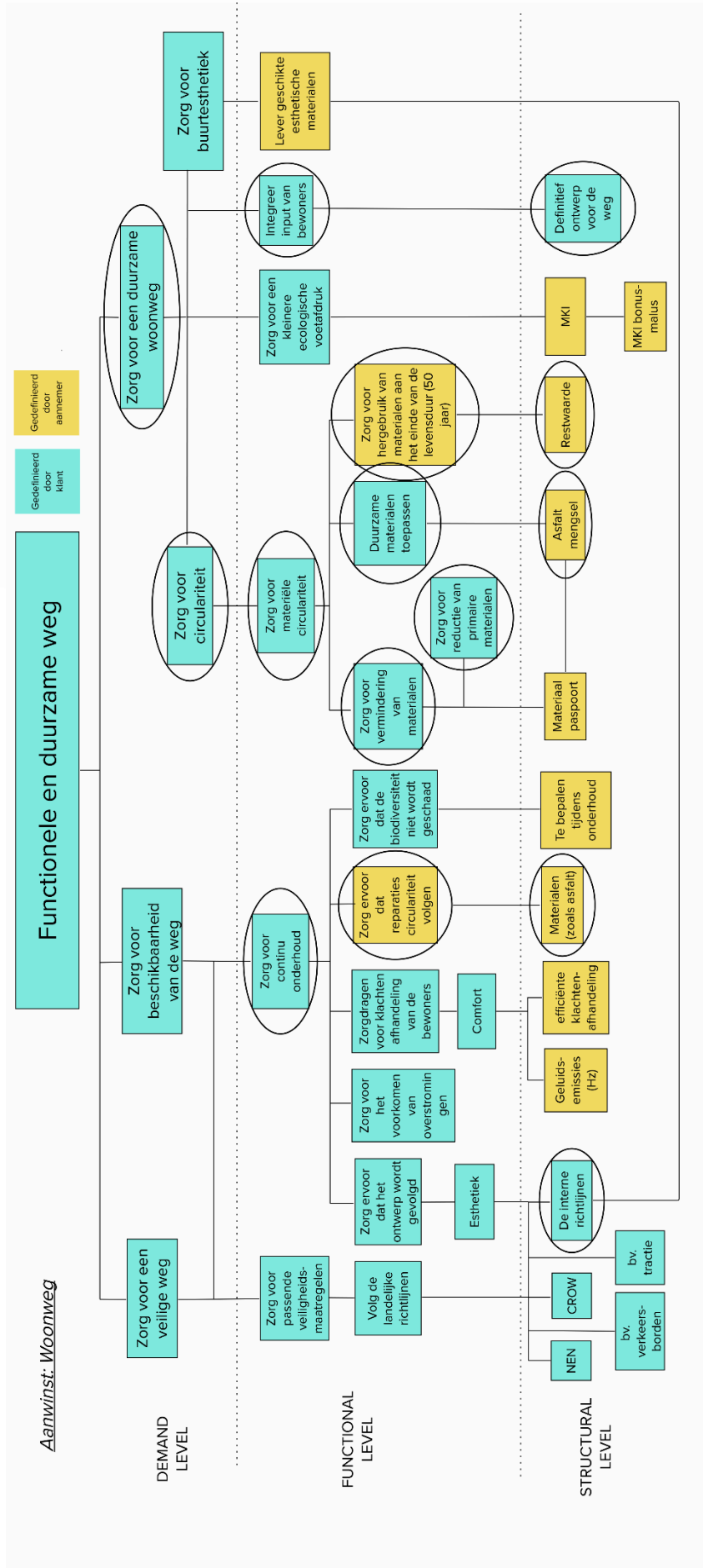
Biodiversiteit is als onderdeel van de scope besproken. Het doel van de gemeente is om meer groen te integreren om zo de biodiversiteit te versterken. Hieronder valt bijvoorbeeld de warmteverdeling (oververhitting en hitte-eiland) en het verbeteren van de filtratie van regenwater. Er werd echter geconcludeerd dat dergelijke functies te complex zouden zijn voor de eerste poging op IAAS. Dit werd vereenvoudigd om ervoor te zorgen dat er geen schade aan de biodiversiteit wordt toegebracht tijdens de reconstructie en het onderhoud van de weg. Op het moment dat dit rapport werd afgerond, waren dergelijke functies echter nog niet bepaald en zullen deze dus worden bepaald wanneer het probleem relevant wordt tijdens de service. Biodiversiteitsoverweging wordt ondergebracht als maatregel onder duurzaamheid.

De vraag naar duurzaamheid is de onderliggende vraag naar circulariteit. Het wordt eerst bereikt door te overwegen of materialen in het algemeen kunnen worden vermeden (geweigerd). **Refuse** werd geïmplementeerd door het ontwerp radicaal te veranderen en de helft van de materialen te vermijden. Vervolgens wordt overwogen om primaire materialen indien mogelijk te vermijden en duurzame alternatieven toe te passen. Alvorens hierover een conclusie te trekken, berekende Dura Vermeer alternatieven, waaronder LCC en MKI, om de meest optimale materialen te kiezen (dit omvat onderhoudsaspecten). Het voorbeeld dat de materialen hier vertegenwoordigt, is het asfaltmengsel. Er zijn verschillende asfaltmengsels gebruikt in dit project, allemaal met verschillende niveaus van gerecyclede input. Hoe deze materialen aan het einde van hun levensduur (ook tijdens het reparatie-onderhoud) worden gerecycled, wordt overgelaten aan de aannemer. De meerderheid van het asfalt kan weer gerecycled worden, en de gekozen alternatieven zorgen ook voor een langere levensduur van de weg (Ecopave asfaltmengsel, product van Dura Vermeer). Alle elementen onder de circulariteitsvraag hebben circulariteitskenmerken (cirkel in Figuur 17). Materiaalpaspoort is niet omcirkeld omdat het slechts een methode is om het gebruik van materialen te demonstreren (evenzo is MKI niet circulair). De materiaalkeuze draagt bij aan een lagere MKI-score, die onder de functionele eis valt om de koolstofvoetafdruk van de weg te verlagen.

Ten slotte moet de buurttesthetiek worden gewaarborgd. Deze casus leidde tot actieve input van de bewoners met betrekking tot het ontwerp (sociaal niveau van duurzaamheid) na de heroverwegings- en reductiestrategieën. Als gevolg hiervan

veranderde het ontwerp van een tweebaansweg naar een enkelbaans bestrating, waardoor de helft van de materialen werd bespaard. Hoewel sommige kenmerken worden onderscheiden door de interne richtlijn (Handboek Inrichting Openbare Ruimte), bijvoorbeeld het gebruik van gele baksteen, wordt de weg naar elk van die vereisten overgelaten aan de aannemer (geel).

Over het algemeen is het contract gericht op voortdurende open communicatie met de aannemer om eventuele onverwachte problemen op te lossen. Ook de uitvoering van het project laat de gemeente over aan de aannemer. Er wordt bijvoorbeeld gesuggereerd dat reparaties kunnen plaatsvinden tijdens grootschalige herasfaltering of reconstructie, wat de middelen (arbeid, energie, machinerie, enz.) kan besparen die nodig zouden zijn voor de afzonderlijke werkzaamheden aan de pilot.



Figuur 17 Als servicemodel voor woonweg in Amersfoort. Gebaseerd op Van Ostaeyen et al. (2013) omvat de hiërarchie drie niveaus: vraag, functie en structuur. Daarnaast is er een onderscheid tussen de elementen gedefinieerd door de opdrachtgever (blauw) en opdrachtnemer (geel). Zowel opdrachtnemer als opdrachtgever definieerden de omcirkelde elementen als cirkelvormige elementen.

### 3.3.2.1 Prestatie-eisen

De periodieke beschikbaarheidsvergoeding wordt betaald als Dura Vermeer voldoet aan de (prestatie)eisen. Enkele van deze elementen zijn dat de MKI lager moet zijn dan het referentieontwerp en de weg moet passen binnen een beschermd stadsgezicht. Dit hoort bij het intern beleidsdocument van de gemeente Amersfoort – gele stenen voor het straatbeeld en stadsgezicht.

Qua technische vereisten zijn er twee elementen. Ten eerste, is het belangrijk dat dit type weg nageleefd wordt als een toegangsweg. Dat betekent dat er binnen de bebouwde kom niet harder dan 30 km per uur mag worden gereden. Ten tweede, moet het ontwerp voldoen aan de richtlijn ASVV 2021.

Ten laatste worden de volgende prestatie eisen aan de materialen gesteld:

- optimaal materiaalgebruik
- milieu-impact materiaal
- detaillering / ontwerp
- herbruikbare materialen
- eenvoudig te verwijderen na het einde van het gebruik

### 3.3.3 Hoogtepunten van de pilot

Pilot Card: Amersfoort – Residential Road				
10Rs geïntegreerd	IAAS circulaire elementen	CB'23 indicator 1-3	Belangrijkste enablers (Top 5)	Belangrijkste barrières (Top 5)
<p><b>Refuse</b> Geïmplementeerd in het ontwerp door de hoeveelheid materialen te halveren</p> <p><b>Rethink</b> Geïmplementeerd in het ontwerp, input van bewoners, duurzame materialen en verlengde levensduur van de materialen.</p> <p><b>Reduce</b> In het ontwerp uitgevoerd: "als materialen kunnen worden vermeden, moeten ze dat doen." Primaire materialen werden met ongeveer 50% verminderd ten opzicht van het nieuwe ontwerp</p> <p><b>Repair</b> Onderhoud van de weg</p> <p><b>Recycle</b> De meeste geïmplementeerde materialen kunnen bij einde levensduur worden gerecycled</p>	<p><b>Vraagniveau (2)</b> Ikverhoog de duurzaamheid Zorg voor circulariteit</p> <p><b>Functioneel niveau (8)</b> Zorgen voor materiële circulariteit, Toepassen van duurzame materialen, Zorgen voor materiaalreductie, R-educatie van primaire materialen, Zorgen voor hergebruik van materialen, Circulair onderhoud, Circulaire reparatie, Integraal ontwerp (met input van bewoners)</p> <p><b>Structureel niveau (5)</b> Ontwerp van de weg, Materials (2) R-esiduele waarde Internal guidelines</p>	<p>Indicator 1.1 – 14.1%</p> <p>Indicator 1.1.1 – 14.1%</p> <p>Indicator 1.1.2a – 0%</p> <p>Indicator 1.1.2b 0%</p> <p>Indicator 1.2 – 85.9%</p> <p>Indicator 1.2.1 - 0%</p> <p>Indicator 1.2.2 – 85.9%</p> <p>Indicator 1.3 – N/A</p> <p>Indicator 1.4.1 - 0%</p> <p>Indicator 1.4.2 - 100%</p> <p>Indicator 2 – 99%</p> <p>Indicator 2.1 – 7.8%</p> <p>Indicator 2.2 – 91.2%</p> <p>Indicator 3.1 - 0%</p> <p>Indicator 3.2 - 0%</p> <p>Materiaalverlies - 1%</p>	<p>- Opgedane kennis en ervaring</p> <p>- De behoefte aan verandering/het initiëren van verandering</p> <p>-Bouwteam-achtige samenwerking/initiële facilitering</p> <p>- Vrijelijk kennis delen</p> <p>- Ondersteunende houding van managers</p>	<p>- Afkeer van procedure/behoefte aan overtuiging (intern)</p> <p>- Kenniskloof en kennisoverdracht</p> <p>-Verkeerde afstemming tussen willen veranderen en bereidheid om te veranderen</p> <p>-Complexe projecten</p> <p>-Moeilijk te identificeren voordelen ex-ante</p>

Figuur 18 Pilotkaart woonweg in Amersfoort als servicemodel.

## 3.4 Noord-Holland: Geleiderail

Noord-Holland is een provincie in het noordwesten van Nederland. De provincie heeft ongeveer 3 miljoen inwoners. De hoofdstad van de provincie is Haarlem. De provincie streeft naar integratie van duurzame projecten en deed dat in het verleden ook al. De achterliggende ambitie van deze pilot is om bij te dragen aan een markttransitie voor infrastructuur naar circulariteit. Met dit model is circulariteit niet alleen een 'add-on' op een lineair economiesysteem, maar zet het ook een stap naar een echt circulaire economie.

### 3.4.1 Pilot beschrijving

De berm is gekozen als experiment-gebied voor IAAS in Noord-Holland. Aanvankelijk was het idee om gras dat langs de weg groeit om te zetten in een nieuw product of de opties voor afvalbeheer te verbeteren. De direct beschikbare opties voor producten op basis van gras zijn echter beperkt (isolatiematerialen voor het gebouw zijn gemarkeerd als een mogelijk toekomstig gebruik). Tegelijkertijd is de grond eigendom van Dura Vermeer. Het eigendom zou dus niet veranderen. Dit projectidee werd verlaten ten gunste van de geleiderail. De laatste pilot is dus geworden: de geleiderail-as-a-service voor de provincie Noord-Holland. Volgens de provincie moet de impactgerichte dienst zorgen voor circulariteit gericht op hergebruik van materialen. Andere kenmerken zijn een lagere LCC en de haalbaarheid van het IAAS-model (juridisch, financieel, managementaspecten, organisatorisch) voor zowel klanten als aannemers.

De geleiderail behoort tot de objecten langs de weg met de hoogste CO<sub>2</sub>-voetafdruk. Een grotere ecologische voetafdruk is te danken aan de gebruikte materialen (voornamelijk staal en kleine hoeveelheden zink) en hun productieprocessen. Bovendien is er geen echt beleid op het gebied van geleiderails anders dan het voldoen aan de regelgeving en bestaande eisen. De huidige werkwijze is dat de geleiderails worden vervangen door volledig nieuwe geleiderails wanneer deze niet meer aan de eisen voldoen (verroeste toestand).

De gekozen circulaire variant bestaat uit gerenoveerde geleiderails. De geleiderail is een modulair en demontabel object met een veiligheids-certificering. Het object bestaat uit standers, planken, connectoren en verbindingsmateriaal (bouten en moeren). Het object moet snel vervangbaar zijn (bijvoorbeeld na een botsing). Om tot een circulair ontwerp te komen, worden de oude geleiderails enige tijd voor het einde van de technische levensduur geïnspecteerd, ontzinkt en opnieuw gegalvaniseerd en vervolgens hergebruikt met dezelfde technische nieuwwaarde. Als de renovatiemethode van de geleiderail wordt toegepast op een groter gebied, zullen er aanzienlijke besparingen zijn in het materiaal (staal, zink), qua kosten (kostprijs is lager) en milieueffecten.

Deze pilot is een experiment om de mogelijkheden van geleiderailrenovatie te bekijken. Omdat er niet veel bekend is, kunnen alleen door praktische (niet theoretische) experimenten alle aandachtspunten worden beantwoord en bewezen. PNH werkt met gebiedscontracten voor een langere periode maar zonder circulaire voorwaarden of KPI's.

Met de triple helix geïntegreerd in het DCW-programma richt deze pilot zich op de circulariteit van het materiaal en het vergaren van kennis over juridische aspecten (contract, risico's, governance) en financiële aspecten (een vorm van financiering, governance, programmering). Hiervoor wordt een aanvullend contract (UAV-CE) opgesteld binnen het bestaande gebiedscontract. As a Service wordt door de opdrachtgever gezien als aanjagende functie om de aannemer aan te moedigen met een nieuwe oplossing te komen voor het uitvoeren van een taak of opdracht.

### 3.4.1.1 Huidige staat

Er zijn twee voorgestelde locaties beoordeeld op de mogelijkheden voor renovatie en/of duurzame behandeling van de bestaande geleiderail op de N248 en de N250. De N248 ligt in het hectometerpaaltraject 4.550 km– 37.000 km en is aangelegd in 2013. Dit gedeelte omvat ongeveer 1900m van de geleiderail. Uit de inspectie bleek dat de geleiderail volgens de specificatie uit 2013 in zeer goede staat verkeert, met een (resterende) levensduur van nog ruim 20 jaar. Ook de staat van onderhoud qua hoogte en kantelhoek voldoet aan de geldende richtlijnen. De meest duurzame optie is dus niet om zomaar alle werkzaamheden uit te voeren maar om de kwaliteit (hoogte en scheefstand) te bewaken.

De N250 omvat het hectometerpaaltraject tussen 113.300 km – 119.900 km met aanleg in het jaar 2009 en ouder. Er is circa 3100 meter geleiderail van het bekende standaard Nederlandse systeem volgens de NEN5190/5191. Het traject tussen 113.350km en 115.500km is ook van 2009 (waarschijnlijk ouder), maar waarbij de (resterende) levensduur minder dan twee jaar is. Het is in een zeer slechte staat qua restlevensduur (scheef en hoogte). Daarom is dit gedeelte gekozen voor renovatie.

### 3.4.1.2 De scope van de pilot

Renovatie van de geleiderail langs de N250 tussen 113.350 en 115.500 km.

Er zijn vier alternatieven onderzocht:

1. Verwijder bestaande geleiderail als schroot en lever en installeer een nieuwe geleiderail.
2. Afbreken van bestaande geleiderail voor renovatie en leveren en plaatsen van gerenoveerde geleiderail (NEN5190/5191).

3. Afbreken van bestaande geleiderail voor renovatie en leveren en plaatsen van nieuwe geleiderail met gerenoveerde planken (NEN5190/5191).
4. Afbreken van bestaande geleiderail voor renovatie en levering en aanleggen van nieuwe geleiderail met gerenoveerde planken (NEN-EN 1317).

Uit de eerste ruwe schattingen van het beheer, de circulariteitsaspecten en de kosten bleek dat het vierde alternatief het meest haalbaar was. Het eerste alternatief is het minst circulair aangezien er geen renovatie van de oude geleiderails plaatsvindt. Het tweede en derde alternatief volgt de oudere NEN, die de tweezijdige geleiderail specificeerde, terwijl het vierde alternatief een enkelzijdige geleiderail omvat in overeenstemming met de nieuwe NEN. De vergelijking is weergegeven in Figuur 19.

#### A. Dubbelzijdige geleiderail NEN5190/5191

#### B. Enkelzijdige geleiderail NEN-EN1317



Figuur 19 Verschillend type geleiderail. De A) is referentie, d.w.z. eerder toegepast en B) wordt momenteel toegepast door de piloot.

Het gekozen alternatief gebruikt dus minder materialen en maakt ook een modulair ontwerp voor de renovatie mogelijk. De bestaande geleiderail wordt alleen voor de renovatie van de planken in delen gedemonteerd. De planken worden geïnspecteerd volgens een nieuw enkelzijdig (1 plank) geleiderailsysteem (NEN-EN1317) en de afgekeurde onderdelen worden afgevoerd naar een erkende schrootverwerker. Het schroot wordt teruggevoerd in de toeleveringsketen als een materiaal dat wordt verwerkt voor een gerecycled deel van het staal. Vervolgens wordt de goedgekeurde geleiderail voor hergebruik opnieuw gegalvaniseerd, goedgekeurd en aangevuld met nieuwere onderdelen, zodat een compleet nieuw enkelzijdig (1 plank) geleiderailsysteem (NEN-EN1317) is voorzien van een levensduur van meer dan 30 jaar.

Het grootste nadeel van deze methode bevindt zich vooral in de projectuitvoering. Deze werkzaamheden worden in twee reeksen uitgevoerd met twee keer een aparte set verkeersmaatregelen. Hierdoor ontstaat dan meer overlast voor de weggebruiker en het milieu. Om dit te verhelpen is er afgesproken dat de werkzaamheden aan de geleiderails tegelijkertijd met het onderhoud van de wegen worden uitgevoerd als onderdeel van



een groter contract dat Dura Vermeer heeft met de PNH. Er is ook een bufferplank nodig voor kalibratie om het eerste deel te kunnen vervangen en de komende materialen te vervangen.

### 3.4.2 As a Service framework

De IAAS voor de geleiderail was de snelste en meest directe IAAS van ideevorming tot contract. Zoals te zien is in Figuur 20, is de belangrijkste vraag om meer circulariteit voor de geleiderails te bieden. Net als in andere gevallen worden vier eisen gesteld om de hoofdvraag te bereiken: veiligheid, onderhoud, circulariteit en verminderde CO<sub>2</sub> voetafdruk. Het grootste deel van het functionele niveau wordt gedomineerd door de blauwe kleur, d.w.z. voorgeschreven door de provincie (klant). Terwijl bepaalde functionele kenmerken en het structurele niveau de verantwoordelijkheid van de aannemer zijn om te beslissen. Dit gaat met name over de manier waarop het wordt vervuld. Meer klantbehoefte (blauw) en minder vrijheid en creativiteit voor de aannemer is te danken aan het feit dat de functie die de geleiderails voor een weg biedt zeer gereguleerd is.

De veiligheidsvoorziening bevat relevante documenten en specificaties voor het "veiligheidsobject" op de weg (veelal NEN- en CROW-richtlijnen). Het onderhoud moet worden uitgevoerd op een manier die de beschikbaarheid van de weg niet in gevaar brengt. Voor IAAS zijn geen specifieke beschikbaarheidskenmerken geformuleerd omdat de geleiderails onder het grotere overkoepelende contract van Dura Vermeer voor de provincie Noord-Holland vallen. De reconstructie van de geleiderail zal ook worden uitgevoerd wanneer er werkzaamheden aan de weg worden uitgevoerd, waardoor er geen overlast wordt veroorzaakt voor de beschikbaarheid.

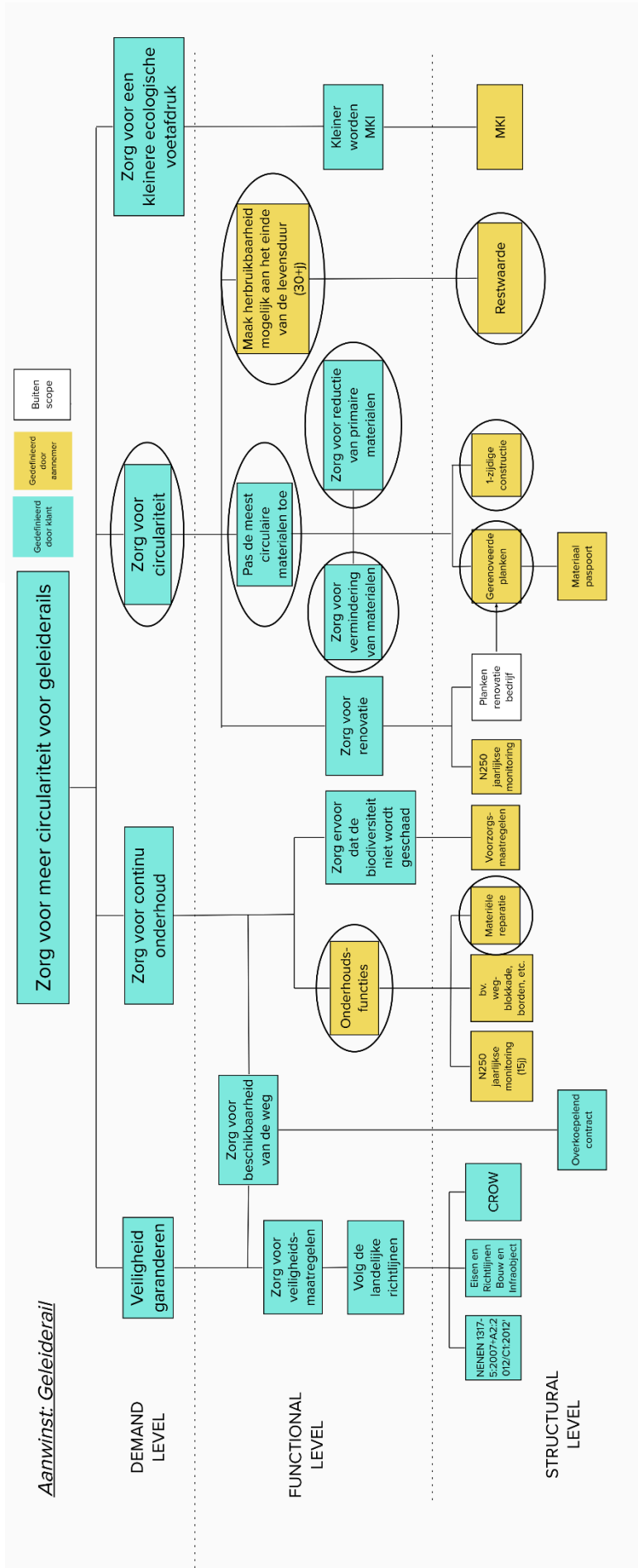
Het onderhoud zelf houdt rekening met structurele elementen die specifiek zijn voor de geleiderails (zoals monitoring van hoogte en scheefheid) en moet worden uitgevoerd met circulaire kenmerken, zoals gerecyclede en hergebruikte materialen. Bovendien mag er geen schade aan de biodiversiteit optreden door onderhoud. Specifieke functies zullen echter later worden aangepakt wanneer er meer ervaring wordt opgedaan en het probleem relevant wordt. Vooralsnog volgen de algemene werkzaamheden de omgevingswet. Het behoud van biodiversiteit en veiligheid op de wegen blijft een randvoorwaarde, aldus de opdrachtgever.

Circulariteit als vraag wordt vervuld door functies van renovatie en reductie van de materialen. Het ontwerp van de geleiderails werd gewijzigd van een tweezijdige naar een enkelzijdige constructie, waardoor de materiaalbehoefte met de helft werd verminderd (**Reduce**). Tegelijkertijd worden de toegepaste materialen gerenoveerd, ofwel opnieuw ingericht (**Refurbish**). Het wordt bereikt via Saferoad company (Saferoad, 2022), een Nederlands bedrijf dat de oude geleiderails renoveert. Bovendien wordt de geleiderail in

hetzelfde gebied hergebruikt voor dit project. In de eerste plaats worden de geleiderails geïnspecteerd en worden de afgekeurde onderdelen aan schroothandelaren toegezonden voor **recycling**. De onderdelen die hergebruikt kunnen worden, worden behandeld, opnieuw verzinkt, gekalibreerd en klaargemaakt voor hergebruik. Gerenoveerde rails zijn gelijk aan nieuwe geleiderails, dus het is 100% uitwisselbaar.

Staal kan voor verschillende doeleinden worden **hergebruikt** (van recycling tot direct hergebruik), maar de restwaarde zal aan het einde van het contract / de levensduur moeten worden bepaald omdat de prijs van staal een zeer volatiele markt is en dus niet van tevoren kan worden voorspeld. Uiteraard betekent het gekozen alternatief een lagere MKI-score die de milieubelasting van geleiderails vermindert.

Een onderdeel van de follow-up van dit programma is **heroverwegingsstrategieën** met hoogwaardige herbestemmingsprincipes die vanaf het begin zijn overwogen met een optimale vervangingsstrategie.



Figuur 20 As servicemodel voor Noord Holland Guide rail pilot. Gebaseerd op Van Ostaeyen et al. (2013) omvat de hiërarchie drie niveaus: vraag, functie en structuur. Daarnaast is er een onderscheid tussen de elementen gedefinieerd door de opdrachtgever (blauw) en opdrachtnemer (geel). Zowel opdrachtnemer als opdrachtgever definiëren de omcirkelde elementen als cirkelvormige elementen.

### 3.4.3 Hoogtepunten van de pilot

Pilot Card: Noord Holland – Guide Rails				
10Rs geïntegreerd	IAAS circulaire elementen	CB'23 indicator 1-3	Belangrijkste enablers (Top 5)	Belangrijkste barrières (Top 5)
<p><b>Rethink</b> Geïmplementeerd bij het ontwerp</p> <p><b>Reduce</b> geïmplementeerd door de ontwerpopptie van eenzijdige (in plaats van dubbelzijdige) rail te kiezen</p> <p><b>Reuse</b> Staal kan worden hergebruikt</p> <p><b>Repair and Refurbish</b> uitgevoerd als renovatie van de geleiderail als input en onderhoud</p> <p><b>Recycle</b> De mindere kwaliteit onderdelen van staal kunnen worden gerecycled (schroothandelaren)</p>	<p><b>Vraagniveau (1)</b> Zorg voor circulariteit</p> <p><b>Functioneel niveau (5)</b> Het toepassen van de meest circulaire materialen, Zorgen voor materiaalreductie, Vermindering van primaire materialen, Zorgen voor materiaalhergebruik aan het einde van de levensduur, Zorg voor circulair onderhoud</p> <p><b>Structureel niveau (4)</b> Materiaal herstel, Gerenoveerde planken, 1-zijdige constructie, Rest waarde</p>	<p>Indicator 1.1 - 10.6%</p> <p>Indicator 1.1.2 - 10.6%</p> <p>Indicator 1.1.2a – 0.0%</p> <p>Indicator 1.1.2b 0.0%</p> <p>Indicator 1.2 - 89.4%</p> <p>Indicator 1.2.1 – 45.1%</p> <p>Indicator 1.2.2 – 49.1%</p> <p>Indicator 1.3 – N/A</p> <p>Indicator 1.4.1 - 1.5%</p> <p>Indicator 1.4.2 - 98.5%</p> <p>Indicator 2 – 97.3%</p> <p>Indicator 2.1 - 44.3%</p> <p>Indicator 2.2 - 49.0%</p> <p>Indicator 3.1 - 0.0%</p> <p>Indicator 3.2 - 4.0%</p> <p>Materiaalverlies - 2.6%</p>	<p>- Vertrouwen in aannemer en DCW-partners</p> <p>- Initiële verkenningsfase</p> <p>- Eenvoudige case met duidelijke doelen</p> <p>- Eerdere ervaring (onderhoudscontract)</p> <p>- Ervaring opdoen met IAAS</p>	<p>- Uitdagen om een contract voor Infra as a service te formuleren in vergelijking met business as usual</p> <p>- Lang proces</p> <p>- Onervarenheid en gebrek aan kennis</p> <p>- Huidige markt is beperkt</p> <p>- Onzekerheid over businessmodel/finance</p>

Figuur 21 Pilotskaart voor Geleiderails in Noord-Holland als servicemodel.

## 3.5 Noord-Brabant: Light As a Service

Noord-Brabant is een provincie in het zuiden van Nederland. De provincie heeft ongeveer 2,5 miljoen inwoners. De hoofdstad van de provincie is Den Bosch. De provincie is de eerste die het IAAS-model integreert in samenwerking met Dura Vermeer (Lumi-US) en Hoeflake Infratechniek. De meerwaarde die de provincie ziet in het toepassen van As a Service op verlichting is:

- iets nieuws kunnen proberen via As a Service;
- dynamisch dimmen van verlichting;
- langdurige samenwerking;
- besparing op dure fte's in de organisatie;
- energiebesparing.

### 3.5.1 Pilot beschrijving

In vergelijking met andere gevallen bevindt Light As a Service zich al in de uitvoerings- en dienstverleningsfase met bewezen voordelen. De provincie heeft samen met Dura Vermeer reeds een investering gedaan in nieuwe verlichtingsarmaturen met dynamisch dimmen. Het belangrijkste doel was om een groter milieu-impact te bereiken en de kosten te verlagen door middel van energiebesparing. Het algemene kader voor de pilot

is in 2018 vastgesteld op basis van ieders individuele en de gezamenlijke pilotdoelen. Het pilotplan is opgesteld, inclusief gevraagde voorbereiding en financiële afspraken met de in januari 2019 ondertekende intentieverklaring. De voorbereidingsfase voor de pilot vond plaats tussen januari en juli 2019, inclusief de uitwerking van het aanbod en de financiële overeenkomst. Het dynamisch dimmen is gebaseerd op weer en verkeer en is voorzien van real-time verkeersgegevens. De implementatiefase vond plaats van juli 2019 tot juli 2020. Aanpassingen aan de openbare verlichting waren in het najaar van 2019, het dimregime werd in het najaar van 2019 uitgewerkt. Begin 2020 is de versoepeling van het dimregime onder belanghebbenden uitgevoerd. De overgang naar dimmen werd gemaakt van maart tot mei 2020.

Een belangrijke les die naar voren komt uit de case die als eerste in uitvoering is, is de *langdurige relatie* en de interne relatie die beide organisaties met elkaar hebben. Vanaf het begin waren de uitgangspunten van de pilot het inzicht dat flexibiliteit van beide kanten nodig is en de bereidheid om tussentijdse aanpassingen te doen. De investeringen werden gedaan als co-investeringen. Dit heeft het vertrouwen in elkaar versterkt mede door de zichtbare onderlinge afhankelijkheid in de pilot. Noord-Brabant moest taken en beslissingsbevoegdheid overdragen aan Dura Vermeer, maar Dura Vermeer moest in die nieuwe functie ook leren omgaan met verantwoordelijkheid (nieuwe verantwoordelijkheden omvatten bijvoorbeeld installatieverantwoordelijkheid van de armaturen). Dit heeft geleid tot veel begrip en een gevoel van gelijkheid aan beide kanten.

Een andere belangrijke les uit deze zaak is het samen bedenken van nieuwe oplossingen. Er zijn nieuwe partners gevormd met Tenouki, een dataserviceprovider op het gebied van verkeersinformatie, waarmee de verlichtingsapparatuur een geoptimaliseerde service heeft kunnen bieden: light on demand. Het illustreert twee belangrijke functies die As a Service kan helpen geven met gegevens:

- om de oplossingen af te stemmen op de werkelijke behoefte, en daarmee ook om de efficiëntie te bereiken die zich kan vertalen in lagere kosten;
- in staat zijn om bewijs te leveren over de kwaliteit van de geleverde dienst.

Er is benadrukt dat de voordelen van deze pilots worden gezien in de samenwerking in plaats van de typische klant-aannemer relatie, waardoor het mogelijk is om samen oplossingen te vinden, zelfs als de uitkomsten onzeker zijn. Hoewel deze pilot zich niet richtte op de technische kenmerken van de circulariteit maar vooral op de energiebesparing, is het een voorbeeld van hoe zo'n kleine pilot kan leiden tot positieve resultaten met een grote potentie voor schaalbaarheid.



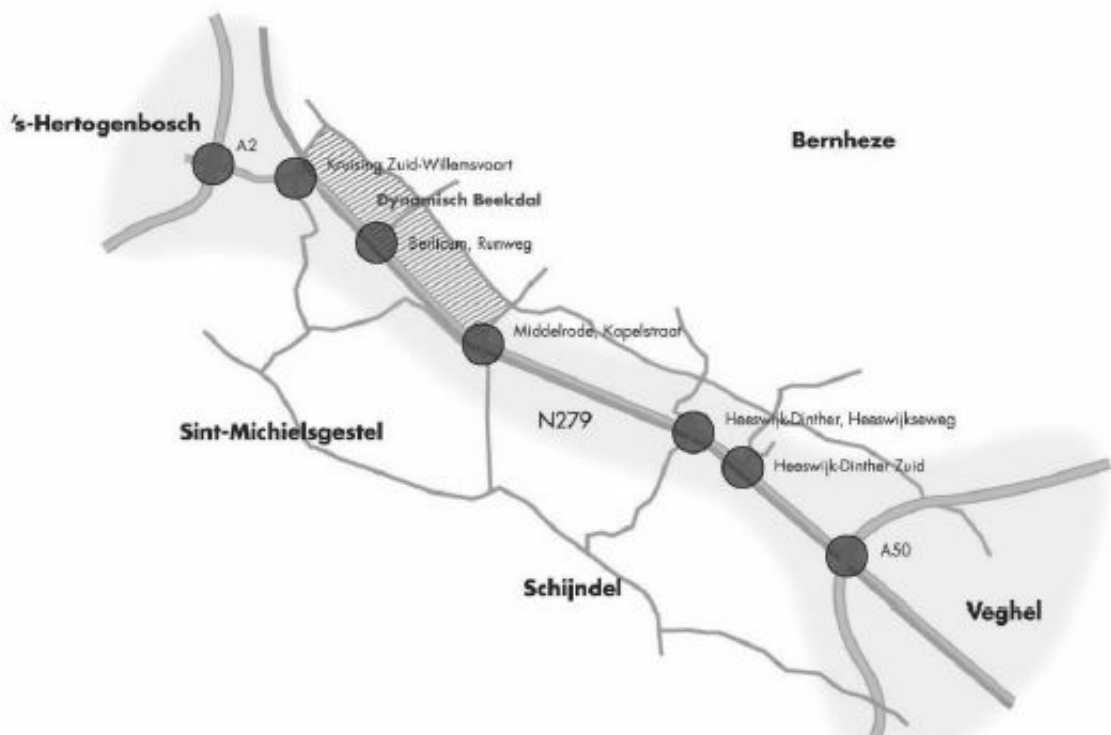
Figuur 22 N279 wegverlichting in Noord-Brabant

### 3.5.1.1 De reikwijdte

De IAAS wordt uitgevoerd in de brownfieldsituatie (d.w.z. werken met het reeds aanwezige systeem). De dienst wordt verzorgd op de N279 Hertogenbosch over 17km met 2x2lanes. De delen van de weg met het licht zijn weergegeven in Figuur 23. Het bestaat uit 442 lichtmasten (616 armaturen) voor publieke verlichting (OV), inclusief lichtmasten, armaturen, bekabeling, verlichte wegwijzers en ov-kasten.

De belangrijkste verantwoordelijkheden voor Light-As-a-Service hebben betrekking op:

- vast onderhoud;
- fouterstel;
- lokale vervanging;
- annulering van schade;
- installatie verantwoordelijkheid.



Figuur 23 N279 secties met dienstverlening (omcirkeld)

### 3.5.2 As a Service framework

De Light As a Service wordt geleverd met een driemaandelijks betaling op contractuele basis (UAV-CE). De opdrachtgever stelde als belangrijkste eis "het doorstaan van de donkere uren, om weggebruikers voldoende zicht te bieden in het belang van de verkeersveiligheid." Deze hoofdvraag wordt verder vertaald in zes afzonderlijke eisen, Figuur 24: continue service, veiligheid, efficiënt licht via digitale oplossingen, reductie van energie, circulariteit en het milieuvriendelijker maken van het licht. In dit IAAS-model is er ook een onderscheid tussen elementen die in samenwerking door zowel opdrachtgever als opdrachtnemer zijn gedefinieerd, wat ook tot uiting komt op het vraagniveau met de taak om het energieverbruik (in grijs), terwijl de door de opdrachtgever gedefinieerde elementen blauw zijn en die welke door de opdrachtnemer zijn gedefinieerd in het geel. Het verminderen van energie is de belangrijkste waardepropositie voor de service.

Op dezelfde manier is het bieden van continue service gezamenlijk gedefinieerd op functioneel niveau. Het onderhoud moet worden uitgevoerd zonder het verkeer te storen. Op structureel niveau betekent dit onderhoud van het fysieke lichtstelsel, maar ook onderhoud van het digitale systeem. Dit systeem bewaakt ook storingen, wat verband houdt met het waarborgen van de veiligheid. Op fysisch niveau betekent dit

circulaire vervanging van de materialen: de oude lichtmasten worden vervangen door een nieuw modulair ontwerp, dat circulair **te repareren** is.

De veiligheid van het verkeer is gekoppeld aan de juiste lichtkwaliteit. De verlichting moet worden aangesloten op het huidige systeem omdat het lichtstelsel zich al in een bestaand systeem van assets bevindt. De overstap naar LED wordt tegelijk met het digitale besturingssysteem gemaakt. Dit besturingssysteem moet voldoen aan de technische eisen en interne normen van Noord-Brabant. Voor de Nederlandse sector staat een overstap naar LED gepland voor de lichtinfrastructuur. Dat wil zeggen dat dit in zekere zin een twee-in-één service is. De technische (fysieke) aspecten worden circulair behandeld. Zowel incident- als ongevalsmonitoring zijn relevant voor de veiligheid om te controleren of verlichting enige invloed heeft op deze veiligheid en de zorg voor een passende reactie kan betekenen. Het aantal ongevallen wordt gecontroleerd door de provincie, en is dus buiten de scope van de overeenkomst. De communicatie tussen opdrachtgever en opdrachtnemer maakt het echter mogelijk om passende maatregelen aan de aannemer te verstrekken (structureel niveau), zoals een verhoging van de lichtintensiteit zodra nodig.

De efficiënte verlichting die via digitalisering wordt bereikt, is aan de aannemer om te beheren (geel en grijs). Het bestaat uit het beheer en dynamisch dimmen van licht, wat mogelijk wordt gemaakt door de digitale oplossing (genaamd "floating car"), software en energievoorziening. De energievoorziening valt echter buiten de scope, maar is opgenomen in het IAAS-model, omdat zonder dit element alle delen van de service in gevaar komen.

De energievermindering wordt gemeten aan de hand van het verminderde nut. Er werd vastgesteld dat het energieverbruik (periode maart tot september) een daling van 58% had (> 10.000kWh/jaar) die kan worden bereikt op het traject Middelrode (representatief voor het hele traject). Dit komt overeen met ongeveer 60 ton jaarlijkse CO<sub>2</sub>-reductie (1kWh = 0,6536kg CO<sub>2</sub> eq in 2020 Emissiefactoren nl, 2022) 0,523kg CO<sub>2</sub> eq in 2022 voor grijs vermogen). De circulaire kenmerken op structureel niveau zijn neergezet in de veronderstelling dat dimmen ook een langere levensduur voor de lichten betekent. Dit is echter nog niet bewezen, omdat er tijd moet verstrijken om te zien of dit daadwerkelijk het geval is.

Het functionele niveau van de circulariteit concentreert zich op het modulaire ontwerp in plaats van de strategie om materialen te reduceren. Dit is gekozen omdat het relevanter is voor de vervanging van het oude lichtstelsel. Het nieuwe circulaire ontwerp voor het verlichtingssysteem heeft misschien meer materialen dan het oude systeem, maar het maakt een hoger niveau van **hergebruik** en **recycling** mogelijk vanwege het modulaire ontwerp. De defecte onderdelen kunnen gemakkelijk worden vervangen in plaats van de noodzaak om de hele verlichtingspaal te vervangen. De

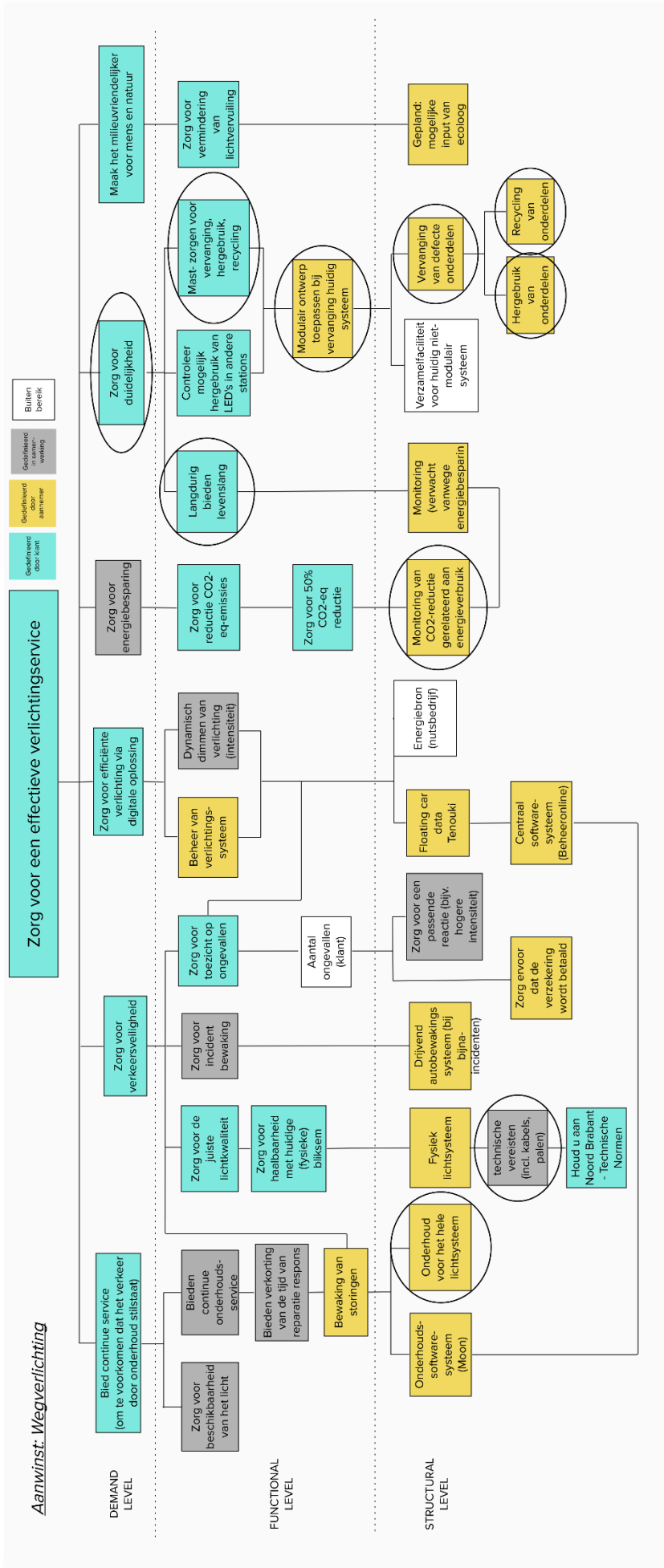


nieuwe modulaire palen worden geleidelijk geïnstalleerd wanneer de oude palen aan het einde van hun levensduur zijn.

Net als bij de verlengde levensduur wordt verwacht dat het dimmen milieuvriendelijker zal zijn voor mens en natuur naarmate de intensiteit van het licht wordt verminderd. Er werd besproken dat de toekomstige input van de ecooloog meer bewijs en details zou opleveren over de verminderde effecten op de omliggende biodiversiteit. Een andere mogelijke verandering is het aanbrengen van verschillende kleuren, maar dat is op de locatie van deze pilot niet geïntegreerd.

Enkele belangrijke factoren voor de formulering van IAAS waren:

- bereidheid van beide partijen om de aanpassing door te voeren;
- samenwerking in plaats van werk;
- enthousiasme aan beide kanten;
- vertrouwen (vanaf het eerste gesprek) – openheid als facilitator van vertrouwen;
- geduld voor de opstart (juridische en technische kwesties);
- het stellen van een duidelijk gemeenschappelijk doel (vermeld als cruciaal);
- gezamenlijke en individuele doelen die in de beginfase worden voorbereid;
- financiële overeenkomst voorbereiden.



Figuur 24 Als servicemodel voor verkeerslichten in Noord-Brabant pilot. Gebaseerd op Van Ostaeyen et al. (2013) omvat de hiërarchie drie niveaus: vraag, functie en structuur. Daarnaast is er een onderscheid tussen de elementen gedefinieerd door de opdrachtgever (blauw) en opdrachtnemer (geel) en elementen die in samenwerking door beiden in grijs zijn gedefinieerd. Zowel opdrachtnemer als opdrachtgever definieerden de omcirkelde elementen als cirkelvormige elementen.

### 3.5.3 Hoogtepunten van de pilot

Pilot Card: Noord Brabant - Dimmable Road Lights				
10Rs geïntegreerd	IAAS circulaire elementen	CB'23 indicator 1-3	Belangrijkste enablers (Top 5)	Belangrijkste barrières (Top 5)
<p><b>Rethink</b> <i>Intensiever gebruik van de materialen - een langere levensduur van de materialen.</i></p> <p><b>Reduce</b> <i>Verwijst hier naar een vermindering van 58% van energie (geen materialen)</i></p> <p><b>Reuse</b> <i>Een nieuw modulair ontwerp maakt hergebruik mogelijk</i></p> <p><b>Repair and Refurbish</b> <i>Uitgevoerd als modulaire reparatie en onderhoud</i></p> <p><b>Recycle</b> <i>Materialen kunnen aan het einde van de levensduur worden gerecycled</i></p>	<p><b>Vraagniveau (1)</b> <i>Zorg voor circulariteit</i></p> <p><b>Functioneel niveau (3)</b> <i>Het lichtstelsel een langere levensduur bieden</i> <i>Zorgen voor vervanging, hergebruik en recycling van masten,</i> <i>Modulair ontwerp toepassen</i></p> <p><b>Structureel niveau (6)</b> <i>Onderhoud aan het lichtstelsel,</i> <i>Technische vereisten (kabels, palen...)</i> <i>Energiebesparing (als input voor een mogelijke verlengde levensduur),</i> <i>Vervanging van defecte onderdelen,</i> <i>Hergebruik van onderdelen,</i> <i>Recycling van onderdelen</i></p>	<p>Indicator 1.1 – 61.4%</p> <p>Indicator 1.1.1 – 61.41%</p> <p>Indicator 1.1.2a – 0%</p> <p>Indicator 1.1.2b 0%</p> <p>Indicator 1.2 – 38.6%</p> <p>Indicator 1.2.1 – 07%</p> <p>Indicator 1.2.2 – 38.6%</p> <p>Indicator 1.3 – N/A</p> <p>Indicator 1.4.1 – 0.3%</p> <p>Indicator 1.4.2 – 99.6%</p> <p>Indicator 2 – 98.4%</p> <p>Indicator 2.1 – 0%</p> <p>Indicator 2.2 – 98%</p> <p>Indicator 3.1 – 0.4%</p> <p>Indicator 3.2 - 0%</p> <p>Materiaalverlies – 1.6%</p>	<p>- Bereidheid van beide kanten om de aanpassing te doen</p> <p>- Vertrouwen (vanaf het eerste gesprek) en openheid als facilitator van vertrouwen</p> <p>- Geduld voor de opstart (juridische en technische vraagstukken)</p> <p>- Het stellen van een duidelijk gemeenschappelijk doel, met gezamenlijke en individuele doelen voorbereid in de beginfase</p> <p>- Future gebruik op de markt en stimulerende markt</p>	<p>- Uitdagend om een contract voor Infra as a service te formuleren in vergelijking met business as usual.</p> <p>- Verouderde regelgeving</p> <p>- Beperking van de huidige markt</p> <p>- Bureaucratische processen</p> <p>- Verkeerde afstemming tussen willen veranderen en bereidheid om te veranderen</p>

Figuur 25 Pilot card voor Road lights in Noord Brabant als servicemodel.

## 3.6 Overijssel: provinciale weg N739

Overijssel is een provincie in het noordoosten van Nederland. De provincie heeft ongeveer 1 miljoen inwoners. De hoofdstad van de provincie is Zwolle.

### 3.6.1 Pilot beschrijving

De provincie heeft een deel van de provinciale weg N739 uitgekozen voor de verkenning van het IAAS-concept. De belangrijkste doelstellingen van de pilot zijn het behoud van grondstoffen, het verlagen van beheerskosten en een nieuwe manier van samenwerken die leidt tot nieuwe, toekomstbestendige organisatie- en verdienmodellen. Centraal in deze pilot staat het leren van elkaar en het delen van deze ervaringen in de markt. Gelijkwaardige samenwerking en gezamenlijke verantwoordelijkheid tussen opdrachtgever en opdrachtnemer zijn belangrijke factoren voor samenwerking. Input voor de overeenkomst komt van de componenten duurzaamheid, kwaliteit, materiaalwaarde en beschikbaarheid. De toegevoegde waarde van IAAS wordt hier beschouwd als:

- leren door te doen;

- circulariteit die op de markt (in de toekomst) kan worden aangevraagd;
- functionele specificatie;
- succesvolle interim sessies.

Qua organisatie **verwachtte Overijssel niet al te veel veranderingen**. Ze geven echter prioriteit aan leeractiviteiten voordat ze de mogelijke gevolgen voor de organisatie beoordelen.

Het doel van de provincie was om de samenwerking en IAAS-mogelijkheden tijdens de vorming van IAAS in detail te verkennen. Hiertoe had de provincie verschillende groepen die aan sub thema's werkten, waaronder ook circulariteitsexperts van Copper8. Er werden drie hoofdteams gecreëerd voor samenwerking: strategische, tactische en operationele teams. Enkele van de taken waren: het tactische team (projectmanagers van beide organisaties), die verantwoordelijk waren om een budget en een voorstel voor de kostenverdeling van die relevante fase op te stellen voor de fase van het stappenplan en het voortgangsrapport. Het rapport is door de twee projectleiders zo vaak als gevraagd gezamenlijk opgesteld. Er werden ook projectbeheerders aangesteld om aan de stuurgroep (strategisch team) verslag uit te brengen over de gezamenlijke verantwoordelijkheid voor de kosten en de voortgangsrapportage. De instemming van de stuurgroep over de raming en de verdeling van de kosten van die fase was vereist vóór de aanvang van elke fase. De planning bevatte ook richtlijnen zodra er zich geschillen voordeden. De partijen moesten binnen een maand na ontvangst van de mededeling van de partij met elkaar overleggen en als het overleg niet binnen twee maanden tot een overeenkomst had geleid, schakelden de partijen een bemiddelaar in om het geschil te beslechten.

Enkele discussiepunten waren:

- Omgaan met materialen: in het geval dat de aannemer eigenaar is van de materialen in de publieke werken, dan wilde de provincie weten hoe er moest worden omgegaan met het functiebehoud van de dienstverlening. Een verschuiving in de marktwaarde van materialen kan de prioriteiten met betrekking tot het gebruik van die materialen verschuiven.
- Partnerschap: er moet worden gezorgd voor wederzijdse belangenbehartiging; de aannemer mag geen informatievoordeel hebben ten opzichte van de provincie. Tegelijkertijd moet de provincie openstaan voor het verlenen van hulp zodra grondstoffen duurder worden.
- De potentie van deze casus is met name dat de open en inclusieve houding van de provincie kan zorgen voor het creëren van belangrijke deelproducten. Die deelproducten konden zorgen voor een betere uitgangspositie van toekomstige IAAS-aanbestedingen. Bijvoorbeeld het opstellen van de functionele eisen via de gezamenlijke teams.

De uitdaging voor de pilot was de verschillende uitgangspunten van de twee partijen en de wederzijdse indrukken naar elkaar toe hierop. Zo zag Overijssel de projectteams en lunchlezingen als onderdeel van de pilot, waarbij de aannemer vooral "buiten actie ondernemen" zag als onderdeel van de pilot. Daarom was continuering met gemengde teams belangrijk voor het werken aan de sub producten en het vinden van wederzijdse intenties. Andere uitdagingen waren de lange tijdsinvestering van het projectteam aan de voorkant om een gemeenschappelijk uitgangspunt te bepalen (om iedereen op het juiste kennisniveau over de circulaire weg te krijgen). Het project identificeerde ook vijf potentiële risico's:

1. Overschrijding van respons- en beoordelingstijden
2. Geografische verspreiding van betrokken project(en)
3. Geen of te late beschikbaarheid van bronnen (zoals beschikbare documentatie)
4. Betrokken teamleden project(en) niet beschikbaar
5. Projectopdracht/doelstellingen onduidelijk (een juist abstractieniveau)

De eerste twee risico's deden zich niet voor. Het derde risico werd beïnvloed door de pandemie en de overstap naar een volledig digitale omgeving, die twee tot drie maanden nodig had om te worden opgezet (SharePoint Online omgeving). Niet alle teamleden hebben vanuit SharePoint gewerkt, wat problemen met kennis- en informatieoverdracht heeft veroorzaakt. Risico 4 vond plaats vanwege de beschikbaarheid van de teamleden omdat veel mensen aan het project werden toegevoegd, maar het bleef moeilijk om teamleden structureel te binden, waardoor dit risico een toprisico was. De laatste risico's bestonden uit onduidelijke projectopdrachten, maar die zijn binnen twee stuurgroep overleggen opgehelderd en gecorrigeerd. Het bleek dat het in het begin niet eenvoudig was om de pilot correct te beschrijven en vooraf een duidelijke scope af te bakenen. Dit hielp echter wel bij de ontwikkeling van de aanvraag. Om die reden duurden de discussies over het uitgangspunt ook langer.

Het voeren van vele gesprekken met elkaar over De Circulaire Weg en hoe deze idealiter het beste (op papier) kon worden vormgegeven, leverde echter een dieper kennisniveau op met weloverwogen keuzes. Enkele elementen die als sterke punten voor de voorbereiding werden gemarkeerd, gingen over:

- Teamsamenstelling
  - Kracht van een diverse groep, inclusief verschillende expertises;
  - Meer/beter inzicht in elkaars 'werelden', namelijk onderwerpen/uitgangspunten/overwegingen waar je mee te maken hebt/die in de weg zitten
  - Het verbinden van externe expertise om ontbrekende kennis in te brengen helpt het proces te versnellen;
  - Betrokkenheid/enthousiasme van teamleden om mee te doen.
- Aandacht voor het proces

- Proces en ervaring bleken belangrijker dan de uitkomst en het was uiteindelijk onderdeel van het behalen van deze pilot. Het contract is moest niet de ruggengraat worden van het project;
- Het is belangrijk om een open en ontspannen aanpak te hebben en een gevoel van veiligheid te geven om informatie te delen en uit te leggen;
- Scheiding tussen plenair en individueel werk is belangrijk;
- Concretiseer verdere abstracte onderwerpen in kleine stapjes en iteratielagen. Onderwerpen uitwerken in werkgroepen; en
- Digitaal vergaderen werkte goed en bespaarde tijd.

De provinciale weg bleek met de stand van de kennis in 2021 een te groot project voor IAAS. Het was veruit het grootste project in het DCW-programma en het opgeven van het eigendom van infrastructuur bleek uiteindelijk geen duidelijke voordelen voor de provincie te hebben. Tegelijkertijd bracht het veel onzekerheden en risico's met zich mee. Hier verwijst "groot" ook naar de grenzen van het project die tot doel hebben om in detail vele onderling verbonden factoren (financiën, projectmanagement, organisatie, samenwerking, enz.) tegelijkertijd te verkennen. De intensieve vroege inspanning en kennis die tijdens de formulering van het project is opgedaan, hebben geholpen om enkele van de belangrijkste aspecten voor het bereiken van IAAS in de vroege fasen van het programma te identificeren. De grootste opbrengst van deze pilot zijn de leerpunten die hebben bijgedragen aan het creëren van een push voor succesvolle gesprekken en besluitvorming.

Een van die leerpunten was het ontwikkelen van de vergoedingssystematiek bij het laaS model. Met verschillende experts is intensief gezocht naar de beste manier om een vergoeding te berekenen voor de dienst (beschikbaarheidsvergoeding) en voor de restwaarde aan het einde van het contract. De uitdaging voor de beschikbaarheidsvergoeding was om een balans te vinden tussen flexibele vergoeding (bonus/malus) voor prestatie-eisen in de dienst (zoals beschikbaarheid) en het toevoegen van de juiste circulaire prikkels. Dit is gedaan door een MKI component toe te voegen aan de beschikbaarheidsvergoeding waardoor de aannemer niet alleen bij aanleg / reconstructie maar ook in de latere contractjaren financieel voordeel heeft van het aanleggen en onderhouden tegen zo laag mogelijke MKI. Voor het bepalen van de restwaarde zijn verschillende modellen onderzocht. Er is o.a. onderzocht of we kunnen werken met de marktwaarde van de materialen, een functionele waarde gebaseerd op de functie voor de provincie en een netto contante waarde van verwachte kasstromen. De grootste uitdaging was hierbij om tot een waarde te komen die

- (a) niet onderhevig is aan (potentiële) grote fluctuaties als gevolg van prijsschommelingen op de grondstoffenmarkten;

(b) een relatie houdt met de materialen en de staat van de materialen zodat hier een circulaire prikkel vanuit gaat;

(c) op een betrouwbare manier tussen de twee partijen kan worden vastgesteld zodat er ook vergoed kan worden op basis hiervan.

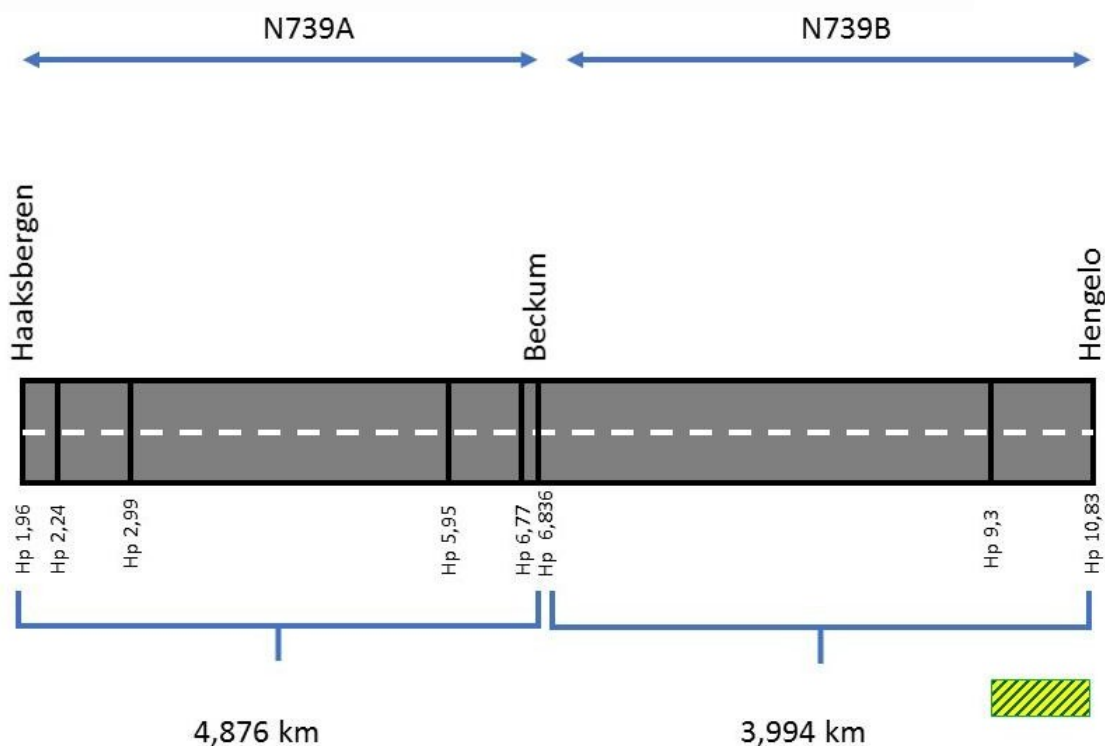
Geen van de onderzochte modellen bood alle voordelen waarnaar we op zoek waren. Uiteindelijk is gekozen voor een Netto Contante Waardeberekening van toekomstige kasstromen, waarbij die kasstromen worden opgebouwd volgens de methodiek die in deze pilot is ontwikkeld met een component voor het al dan niet voldoen aan de prestatie-eisen en een component voor MKI. Zo zijn beide modellen gecombineerd in 1 vergoedingssystematiek. In de toekomst is er de wens verder te werken aan dit model. In dit programma hebben verschillende pilots hun contracten kunnen afsluiten op basis van deze aanpak.

### 3.6.1.1 De reikwijdte

Belangrijke factoren waren de provinciale gunningscriteria voor het project om beschikbaarheid (40%), circulariteit (40%) en beschikbaarheidsvergoeding (20%) te bevatten. De belangrijkste prestatie-indicator was dus beschikbaarheid. De belangrijkste voorwaarde voor de Provincie Overijssel was dat de aannemer de overlast voor weggebruikers als gevolg van de werkzaamheden op een verkeersvriendelijke manier tot een minimum beperkte en de werkzaamheden die overlast veroorzaakten voor weggebruikers in een zo kort mogelijk tijdsbestek afwikkelde. Het contract zou erop gericht zijn om de routes van de N739 zoveel mogelijk beschikbaar te houden ten behoeve van de weggebruikers. De provincie is in het IAAS-contract uitgebreid ingegaan op de beschikbaarheid van de provinciale weg, van monitoring tot maatregelen om de beschikbaarheid tijdens werkzaamheden te behouden. Het was cruciaal dat de weg functioneel bleef om het verkeer toe te laten. Zo is de duur van de afsluitingen vastgesteld op één blok van maximaal 19 dagen per 4 jaar per route. Hier was bonus / malus voor beschikbaarheid belangrijk, omdat meer dagen zouden resulteren in malus (d.w.z. de aannemer moet betalen) en minder dagen zouden leiden tot een bonus (de aannemer wordt betaald).

De voorkeursvariant werd bepaald door LCC, MKI en beschikbaarheid voor verschillende uitvoeropties voor een periode van 100 jaar. De berekeningen en de keuze voor de gekozen variant (asfalt met een extra lange levensduur) zijn gemaakt voor N739B omdat dit deel van de weg de meeste informatie had over de verkeerssituatie van de weg en de meest uiteenlopende werkzaamheden met zich meebracht. De scope voor de materialen en activiteiten omvatte:

- Bestrating en markering. Niet: puinfundering, middengeleidingsgordels, glazen bollen, reflectorpalen, hectometerborden.
- Activiteiten als gevolg van schade, storingen en incidenten (in Nederlandse SSI's) veroorzaakt door derden in de scope omdat deze van invloed zijn op de restwaarde van de N739.
- De sluiting van een van de routes wordt beschouwd als een volledige afsluiting. Er werd vanuit gegaan dat er bij dit soort werkzaamheden geen sprake is van verkeersmaatregelen waarvoor alleen een snelheidsverlaging nodig is.



Figuur 26 Scope definitie van de N739, opgesplitst in de N739a en N739b. De N739 bestaat uit N739a: 1.960 km tot 6.900 kmNI N739b: 6.900 km tot 10.083 km.

### 3.6.2 As a Service framework

De belangrijkste vraag naar de geleverde dienst is de veiligheid en beschikbaarheid van de weg voor de duur van 15 jaar, Figuur 27. Het IAAS-model omvat de beoordeling van de service, de verdeling van de verantwoordelijkheid (klant, contractant) en circulaire aspecten (omcirkelde boxjes). Drie sub-eisen worden geformuleerd om de belangrijkste vraag te bereiken: beschikbaarheid, veiligheid en duurzaamheid. De vraag en het functionele niveau worden meestal door de klant geformuleerd (in blauw), terwijl sommige functionele elementen en de meeste structurele elementen de verantwoordelijkheid van de aannemer waren om op te nemen (geel). Het IAAS-model



bestaat uit drie delen: de beoordeling van de service, de verdeling van de verantwoordelijkheid (klant, aannemer) en circulaire strategieën in de service.

De beschikbaarheid is de belangrijkste prestatie-indicator en wordt gewaarborgd door het juiste onderhoud van de weg. Op functioneel niveau moet het onderhoud worden voorzien van circulaire kenmerken met materiaal circulariteit tijdens de weg reparatie en zonder afbreuk te doen aan de veiligheid (alleen bewezen gedocumenteerde materialen kunnen worden gebruikt). Op structureel niveau wordt dit vertaald naar het circulair beheer van de gebruikte materialen tijdens het onderhoud. De circulaire onderhoudsfuncties zijn de verantwoordelijkheid van de aannemer.

De beschikbaarheid was een van de belangrijkste punten die tijdens de contractformulering aan de orde kwamen. Ten behoeve van IAAS werd de beschikbaarheid omgezet in een aantal sluitingen over vier jaar. Er is voor gekozen om ruimte te houden voor de keuze voor een optimaal circulair beheer- en onderhoudsplan. Dit wordt vertaald in bonus/malus voor de beschikbaarheid van 19 dagen per 4 jaar (het overschrijden van het overeengekomen bedrag van sluiting of het hebben van minder bedragen aan sluitingen resulteert in financiële prikkels). Er worden geen andere eisen gesteld met betrekking tot de duur van de sluitingen dan een financiële stimulans. Er was discussie over een maximum van 39 dagen, wat de provincie zekerheid zou bieden dat de aannemer dit bedrag niet zou overschrijden. Dit zou echter de keuzevrijheid voor een circulaire oplossing belemmeren en daar werd dus vanaf gezien.

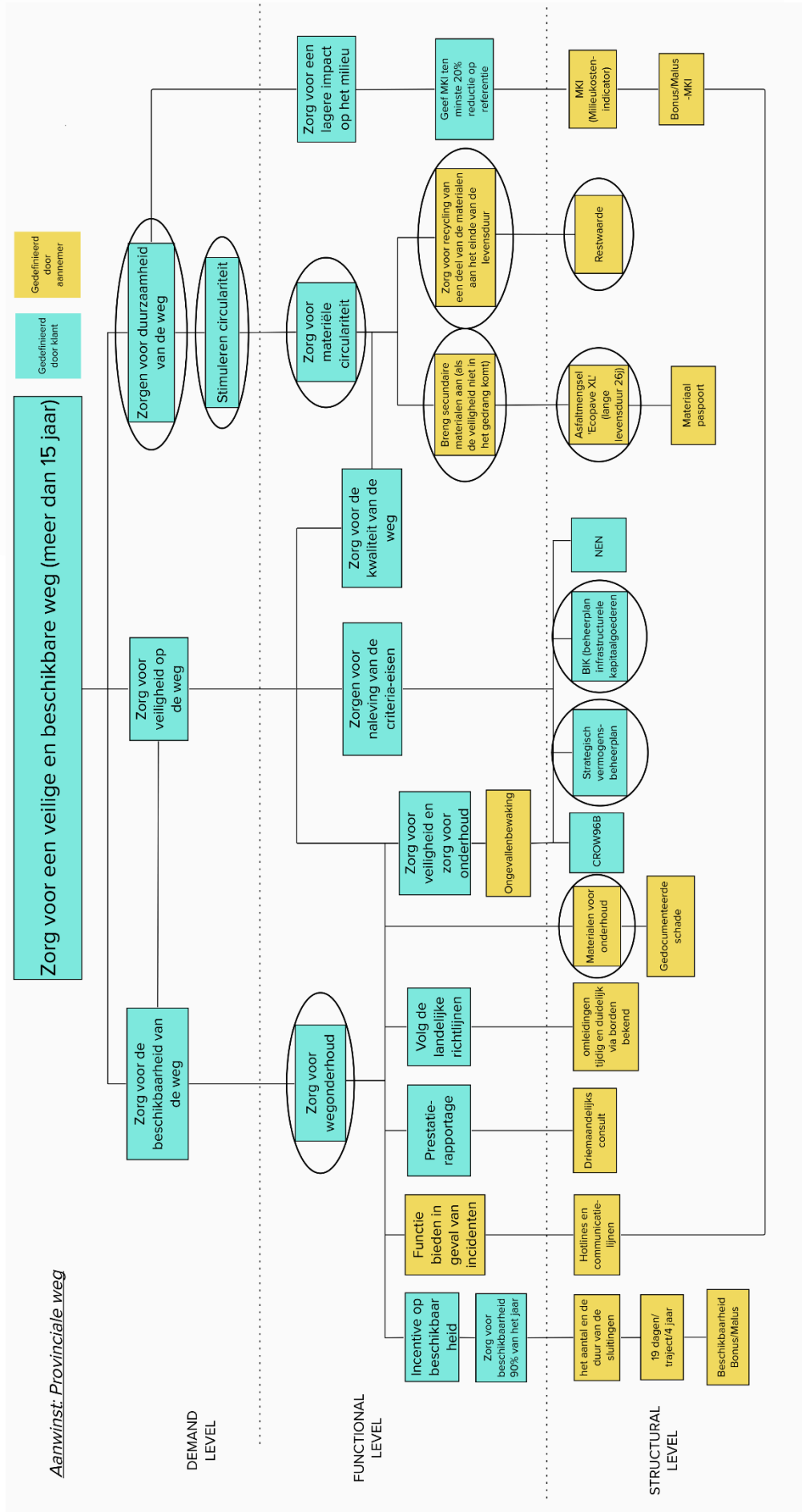
Andere onderhoudsfuncties die belangrijk zijn voor de IAAS voor goede en periodieke communicatie, d.w.z. prestatierapportage en kwartaalconsultaties. Elk onderhoud of schade aan de weg moet grondig worden gedocumenteerd. Incident en ongevalsbeveiliging wordt ook verwacht omdat het een verbinding is met de veiligheid op de weg.

Veiligheid is, net als bij andere bedrijfsmiddelen, meestal verbonden met de naleving van normen en richtlijnen. Omdat normen worden voorgeschreven door de instellingen, bieden ze niet de keuze voor de aannemers en zijn ze dus allemaal in het blauw weergegeven. Twee rapporten bevatten aspecten van circulariteit (Strategisch Asset managementplan en BIK – specificeren van infrastructuurobject activa).

Veiligheid hangt ook samen met de materiaalkeuze. Hoewel secundaire materialen de voorkeur hebben, kan het gebruik ervan de veiligheid niet in gevaar brengen. Door de absolute zekerheid die het gebruik van materialen met zich mee moet brengen, blijft er minder vrijheid over voor toepassingen van nieuwe asfaltmengsels of andere materialen. Er zijn echter asfaltmengsels beschikbaar met verschillende inputniveaus van **gerecyclede** materialen, die een hogere circulariteit bieden.

Het IAAS-model neemt circulariteit op in twee van zijn belangrijkste eisen. De duurzaamheid van de weg wordt vertaald naar het stimuleren van circulariteit en ook het verlagen van de milieubelasting. De circulariteit wordt verzorgd door het toepassen van de materialen met gerecycled materiaal met als het gebruik van doel primaire materialen te **verminderen**. Ecopave-mix wordt gekozen als representatief materiaal omdat het een van de belangrijkste toegepaste materialen is. Het bevat de hoogste hoeveelheid gerecycled materiaal en het verlengt ook de levensduur van de weg (tot wel 26 jaar). De weg kan aan het einde van zijn levensduur met een zeer hoge output ratio worden gerecycled. Met andere woorden, de restwaarde is circulair omdat het rekening houdt met de waarde van secundaire beschikbare materialen.

De afname van de milieueffecten wordt weerspiegeld als een lagere MKI voor de gekozen materialen (inclusief onderhoud) voor het BAU-alternatief. Hier vraagt de provincie om een concreet doel van een reductie van 20% van MKI.



Figuur 27 Als servicemodel provinciale weg in Overijssel. Gebaseerd op Van Ostaeyen et al. (2013) omvat de hiërarchie drie niveaus: vraag, functie en structuur. Daarnaast is er een onderscheid tussen de elementen gedefinieerd door de opdrachtgever (blauw) en opdrachtneer (geel). Zowel opdrachtneer als opdrachtgever definieerden de omcirkelde elementen als cirkelvormige elementen.

### 3.6.3 Hoogtepunten van de pilot

Pilot Card: Overijssel – Provinciale Weg				
10Rs geïntegreerd	IAAS circulaire elementen	CB'23 indicator 1-3	Belangrijkste enablers (Top 5)	Belangrijkste barrières (Top 5)
<p><b>Rethink</b> Geïmplementeerd in het ontwerp en materialen met een verlengde levensduur</p> <p><b>Reduce</b> geïmplementeerd als verlaagde input van primaire materialen</p> <p><b>Repair</b> geïmplementeerd als wegonderhoud</p> <p><b>Recycle</b> het asfalt kan aan het einde van de levensduur op een zeer hoog niveau worden gerecycled</p>	<p><b>Vraagniveau (2)</b> Zorg voor duurzaamheid Stimuleer circulariteit</p> <p><b>Functioneel niveau (4)</b> Zorgen voor materiële circulariteit, Toepassen van secundaire materialen, Zorg voor recycling aan het einde van de levensduur, Circulair onderhoud</p> <p><b>Structureel niveau (5)</b> Materials voor onderhoud, Materialen voor reconstructie, Residuele waarde, Strategisch Asset Management Plan BIK (infrastructuurrichtlijn)</p>	<p>Indicator 1.1 - 44.9%</p> <p>Indicator 1.1.1 - 44.9%</p> <p>Indicator 1.1.2a - 0.0%</p> <p>Indicator 1.1.2b 0.0%</p> <p>Indicator 1.2 - 55.1%</p> <p>Indicator 1.2.1 - 0.0%</p> <p>Indicator 1.2.2 - 55.1%</p> <p>Indicator 1.3 - N/A</p> <p>Indicator 1.4.1 - 0.0%</p> <p>Indicator 1.4.2 - 100.0%</p> <p>Indicator 2 - 99.5%</p> <p>Indicator 2.1 - 0.0%</p> <p>Indicator 2.2 - 99.5%</p> <p>Indicator 3.1 - 0.0%</p> <p>Indicator 3.2 - 0.2%</p> <p>Materiaalverlies -0.4%</p>	<p>- Opdoen van kennis en ervaring</p> <p>- Initiële exploratieve stijl (d.w.z. het vormen van een creatief en disruptief project)</p> <p>- Het openlijk delen van zorgen met de facilitators</p> <p>- Versterking van de samenwerking tussen overheden en bedrijfsleven</p> <p>- Inzicht in de besluitvorming van andere partijen</p>	<p>- Lang proces</p> <p>- Uitdagend om het contract te formuleren</p> <p>- Moeilijk te vertalen van de niet-financiële voordelen</p> <p>- De behoefte aan overtuiging (intern)</p> <p>- Gebrek aan kennis en kennisoverdracht</p>

Figuur 28 Pilotkaart provinciale weg in Overijssel als service model

## 3.7 Amsterdam: Tijdelijke Weg

### 3.7.1 Pilot beschrijving

Amsterdam is de hoofdstad van Nederland en heeft ongeveer 800.000 inwoners. De gekozen case voor IAAS is een tijdelijke weg in de ArenA in het zuidoosten van Amsterdam (Zuidoost). Het is het gebied van de Johan Cruijff Arena, het hoofdstadion van de Nederlandse hoofdstad, zie Figuur 29 en 30. Het is nodig deze tijdelijke aan te leggen voor de bouwwerkzaamheden die in het gebied plaatsvinden, met de mogelijkheid om deze te verwijderen nadat de bouw is voltooid. Het tijdelijke verkeerssysteem handelt het bestemmingsverkeer tussen knooppunt Holterbergweg-Passage en de rotonde veilig en vlot af via een alternatieve route. Er wordt een levensduur van twee tot vijf jaar voorzien.

Verder wil de gemeente tijdens het inkoopproces experimenteren met circulaire economie principes:

- De technische aspecten: de circulaire eigenschappen van producten en circulair ontwerp;

- De procesmatige en organisatorische aspecten: betrokkenheid van de belangrijkste stakeholders/partners en hoe de organisatie tot stand komt;
- De financieel-economische aspecten.

De aanpak van het project is geïnspireerd op de 'city donut' van Amsterdam, waarin het Donuteconomie principe is verwerkt. De ambitie is dan ook om het gebruik van primaire materialen zo laag mogelijk te brengen en de MKI te verbeteren. Om dat te bereiken is het doel om zoveel mogelijk materiaal uit de lokale omgeving toe te passen (hergebruik en recycling van de wegelementen) en de weg (of materialen daaruit) aan het einde van zijn levensduur te kunnen hergebruiken in hoogwaardige output. Na de levensduur moet de weg worden gedeconstrueerd en moeten de materialen worden opgenomen in de andere wegen in het gebied. Voor het opstellen van een overeenkomst over de IAAS is de gemeente Amsterdam in open overleg met Dura Vermeer om tot waardeproposities te komen.

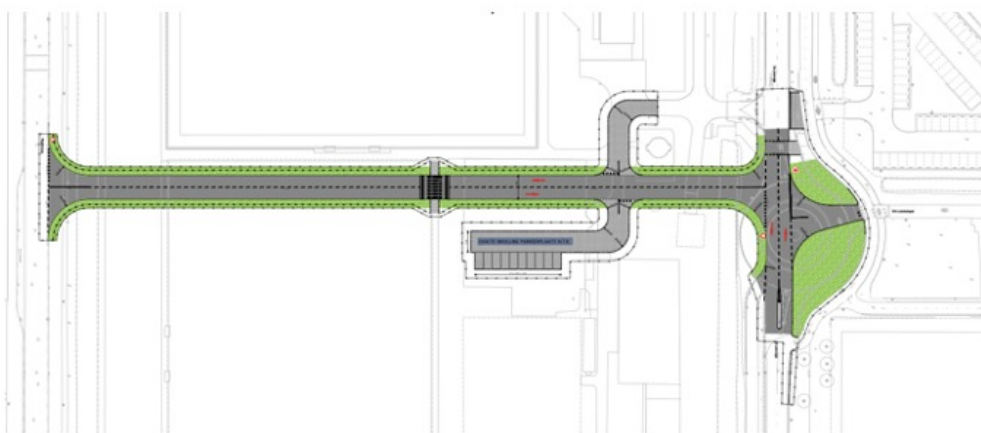
Deze zaak vormt een uitdaging vanwege het tijdelijke karakter van de weg en het feit dat Dura Vermeer gespecialiseerd is in duurzame wegen met een langere levensduur. De weg zelf moet nog steeds veilig in gebruik zijn en volgens de technische vereisten, zoals een goede afwatering, verharding, enz. Sommige technische vereisten verschillen echter omdat de weg niet geschikt is voor lange gebruikperiodes en druk verkeer. Er is minimaal tot geen onderhoud gepland (indien inbegrepen, is het alleen om de hoogste circulaire waarde te behouden).

Op dit moment worden het ontwerp en de belangrijkste aspecten van het project nog besproken tussen de opdrachtgever en de aannemer. Het IAAS-kader, het circulaire en financiële deel zijn nog niet beslist. Het maakt dus geen deel uit van dit verslag.

#### RUIMTELIJK ONTWERP

Geschikt voor zwaar verkeer, veilige oversteeek voor sporters

SMH



Figuur 29 Het gebied betreffende tijdelijke weg in Amsterdam, ArenA en Johan Cruijff Arena.



Figuur 30 Amsterdam weg materialen

### 3.8 Utrecht: Stadsweg (traditioneel contract)

Utrecht is de op drie na grootste stad van Nederland. Het ligt in de oostelijke hoek van de Randstad, in het centrum van het vasteland van Nederland. De municipaliteit stelt duurzame doelen om een klimaat neutrale en circulaire stad te worden, met de ambitie om in 2050 100% circulair te zijn. Utrecht heeft als doel gesteld om 30% CO<sub>2</sub> te besparen en het aandeel duurzaam opgewekte energie binnen de gemeentegrenzen te verhogen naar 20% in 2020. De gemeente streeft naar een goede omgeving voor bewoners, waardoor in het aankoopproces rekening wordt gehouden met andere sociale en milieuaspecten. De gemeente sloot zich aan bij het DCW-programma met hun herinrichtingsprogramma voor de Croeselaan, waarin onder meer circulaire aspecten zijn geïntegreerd. Het contract werd niet als dienst geleverd, maar de aannemer kreeg de kans om zijn visie op duurzaamheid voor de straat in te brengen.

#### 3.8.1 Pilot beschrijving

Tot een paar jaar geleden was de Croeselaan een drukke verkeersader dwars door de westelijke binnenstad. De Croeselaan is een van de verbindinglijnen in het Stationsgebied en de belangrijkste route voor het fietsverkeer. Het is een belangrijke verbindingstraat, met veel passanten, kantoren en verbindingen naar de Jaarbeurs.

In 2018 vond een ambitieuze herontwikkeling plaats, waardoor het noordelijke deel van de Croeselaan de (destijds) 'meest duurzame weg' van Nederland werd. Dura Vermeer transformeerde de weg in opdracht van de gemeente. Het doel van het project was om een hoogwaardige openbare ruimte te ontwikkelen die duurzaamheid integreert en aantrekkelijke ruimtes creëert voor voetgangers en de fietskwaliteit verbetert.

De ontwikkeling van de ontwerpaspecten is gestart in 2015 (en eerder). In 2016 heeft de gemeente samen met haar adviseur Witteveen + Bos uitgebreid gekeken naar de mogelijkheden op het gebied van duurzaamheid. De resultaten van deze verkenning zijn deels verwerkt in het voorbereidingsproces en in het ontwerp van de Croeselaan. De beschrijving van de opdracht voor de aannemers is in mei 2017 verstrekt. De reikwijdte van de aanbesteding omvatte gunningscriteria als "aan de inschrijver met de economisch voordeligste inschrijving, op basis van de beste prijs-kwaliteitsverhouding." De gemeente heeft vier partijen, die via een marktconsultatie zijn geselecteerd, uitgenodigd om een bod uit te brengen op basis van het UAV-GC (BAU-contactformulier). Het kwaliteitsaspect in de aanbestedingsprocedure omvatte (gewogen van hoogste naar kleinste toegekende waarde): milieuprestaties, circulaire economie, onderhoudbaarheid, levensduurkosten, innovatieve duurzaamheidsmogelijkheden en sociaal rendement. De aannemer moest de duurzame doelstellingen van de gemeente (bijv. reductie van CO<sub>2</sub> voetafdruk) succesvol halen. Utrecht sprak veel vertrouwen uit in alle partijen en verlaagde daarmee de basisvereisten in het contract sterk. De gemeente benadrukte dat zij een optimale samenwerking wensten door een open, eerlijke en transparante houding naar elkaar toe. Het was aan de Inschrijver om de duurzaamheidsmaatregelen te bepalen en mee te nemen in het aanbod, want de Croeselaan moet de meest 'duurzame' straat van de gemeente Utrecht worden. De werkzaamheden aan het Croeselaantraject Jaarbeursplein-Van Zijstweg zijn in april 2019 afgerond, zie Figuur 31.

Het nieuwe ontwerp heeft een opvallend breed middenstuk omgeven door een eenrichtingscircuit voor autoverkeer. De maximumsnelheid voor auto's werd gewijzigd van 50 km/u naar 30 km/u. Het fietsverkeer is volledig losgetrokken van het autoverkeer. Aan de westzijde van de Croeselaan ligt een comfortabel (rood asfalt) en breed tweerichtingsfietspad vrij van kruisingen. Het voetgangerspad is breder in het nieuwe ontwerp (zes meter). Het ontwerp integreerde input van stakeholders en de omliggende organisatie (zoals Rabobank, RVB en Jaarbeurs), en de bewoners. Voor die laatste groep werd input verzameld via de website, een huis-aan-huismailing en een informatieavond.



Figuur 31 Croeselaan in Utrecht

## 3.8.2 Duurzame en circulaire aspecten

### 3.8.2.1 Duurzaam doel en strategieën in het ontwerp

De nadruk in de ambitie lag op mens en planeet "groene straat waar bewoners en gebruikers zich prettig bij voelen en van zullen houden, en waar duurzaamheidsmaatregelen zowel zichtbaar als onzichtbaar geïntegreerd zijn in het straatbeeld." De mensenkant van duurzaamheid is vooral meegenomen in het ontwerp met inbreng van bewoners en organisaties aan de Croeselaan. De planetaire kant van duurzaamheid werd opgenomen als verbeterde milieuprestaties meetbaar tijdens de bouw- en gebruiksfase, de gekozen materialen en hun langere levensduur.

Tijdens de ontwerpfase is rekening gehouden met de 10R-strategieën volgens Cramer (2014) en Lansink's Ladder (Prevent, Reuse, Recycle, Waste-to-energy, verbranding, stortplaats). Hoewel deze bijna identiek zijn aan de Figuur (8) weergegeven in sectie (2.3.1.1.2), is er een opmerkelijk verschil. In plaats van een Rethink-strategie is er Renew-strategie (het herontwerpen van een product met circulariteit als uitgangspunt), wat volgens (Morseletto, 2020) een andere definitie heeft dan een Rethink. Een heroverweging werd dus niet overwogen voor deze pilot. De strategieën zijn geaggregeerd tot een 4R-model en niet afzonderlijk behandeld:



- A. productinnovatie (Refuse, Reduce, Renew);
- B. hernieuwde eigendom (Reuse, Repurpose);
- C. langere levensduur (Repair, Refurbish, Remanufacture);
- D. verwerking (Recycling, Recovery), d.w.z. het gebruik van zoveel mogelijk bestaande en herbruikbare grondstoffen.

De strategieën worden vervolgens op twee manieren geïmplementeerd:

- A. Vertaling naar principes van circulair bouwen en ontwerpen
  - Slim ontwerp: gericht op het slim ontwerpen van gebouwen, met als doel gebouwen geschikter te maken voor herbestemming en materiaalhergebruik.
  - Demontage en scheiding: efficiënte demontage en scheiding van reststromen om hoogwaardig hergebruik mogelijk te maken
  - Hoogwaardig hergebruik: het hoogwaardig terugwinnen en hergebruiken van materialen en componenten. Materialen worden zoveel mogelijk uit de directe omgeving gehaald zodat de transportafstand zo laag mogelijk is.
- B. Vertaling naar ontwerp en specificatie
  - Zorg ervoor dat verbindingen tussen materialen droog zijn zodat het gebouw goed gescheiden kan worden.
  - Zorg ervoor dat de aangebrachte materialen na gebruik gemakkelijk kunnen worden getransformeerd.
  - Zorg ervoor dat het materiaalpaspoort wordt verstrekt.
  - Denk verder dan het eigendom van materialen naar hun gebruik.

Dura Vermeer implementeerde deze strategieën op verschillende manieren. De R-strategie op het hoogste niveau, d.w.z. **Refuse**, werd geïmplementeerd door het voorkomen van de installatie van het regenwaterafvoersysteem en ervoor te zorgen dat het water lokaal werd gebufferd. **Reduce** werd in het algemeen geïmplementeerd door de materialen lokaal te hergebruiken, maar ook door een asfaltmengsel te gebruiken met een hoge gerecyclede input (waardoor de input van primair materiaal wordt verminderd). **Reuse** van verschillende materialen werd uitgevoerd: granieten banden als versterking voor gebieden voor plantgroei, gemengd granulaat dat werd hergebruikt in wegen, klinkers van het fietspad dat werd hergebruikt op parkeerplaatsen. Het sluiten van de materiaalkringloop gebeurt ook door deze vast te leggen in een materialenpaspoort, dat gekoppeld is aan een 3D BIM-model.

Andere ontwerpelementen waren onder meer toekomstbestendigheid, waarbij rekening wordt gehouden met toekomstige ontwikkelingen. Zo verwacht de aannemer dat binnen vijf jaar de omschakeling van LED naar het energiezuinigere OLED commercieel haalbaar wordt, en dus is modulaire straatverlichting in het ontwerp opgenomen. Armaturen zijn eenvoudig los te maken van de mast en de mast zelf kan ook van de kabel worden

losgekoppeld. De toegepaste LED-armaturen kunnen ook een volgend gebruik op een andere locatie vinden.

### 3.8.2.2 Duurzame en circulaire kenmerken

Duurzame en circulaire functies die zijn toegevoegd waren:

- Lantaarnpalen opgeladen door zonnepanelen.
- Dimbare LED verlichting op het fietspad.  
Samen met Hoeflake werd gebruik gemaakt van slimme dimbare verlichting. Het licht detecteert de bewegingen met sensoren en past het licht aan de situatie aan. Met dit systeem worden energiebesparingen tot 70% gerealiseerd. Tegelijkertijd neemt ook de lichtvervuiling af.
- Bamboe verkeersborden. Bamboe is een snel hernieuwbaar materiaal en neemt daarbij CO<sub>2</sub> op.
- Rijstroken die deels bestaan uit gerecycled materiaal.
- Oude, niet zo vruchtbare grond werd gemengd met compost, wat besparingen opleverde bij het brengen van de nieuwe grond.
- Bewegings-/speeltoestellen zijn inbegrepen.
- Sociaal rendement (in het Engels 'social return') is onderdeel van het contract.
- Kunsttentoonstellingen met sculpturen die eerder elders te zien waren.
- Op het fietspad werd nieuw innovatief materiaal gebruikt. RaMac is een zeer nieuw product op de markt met een duidelijke rode kleur. Het is een geopolymeerbeton met iets betere eigenschappen dan beton in termen van absorberende trekkrachten. Onderhoud is beperkt tot vegen en periodieke vervanging. Volgens de fabrikant kan een CO<sub>2</sub>-reductie van 65% worden bereikt.

De elementen van het contract zijn zichtbaar in Figuur 32. Niet alle elementen en details van het contract zijn zichtbaar in het raamwerk. Het is gemaakt om te lijken op de IAAS-modellen die in dit rapport zijn opgenomen met hetzelfde onderscheid als eerder: elementen gedefinieerd door de klant zijn blauw en die gedefinieerd door de aannemer zijn geel.

In totaal werd 68% van de milieukosten bespaard tegen hetzelfde budget, terwijl de MKI werd verlaagd van € 122.600 naar € 42.375. Dit komt vooral door RaMac-toepassing, maar ook door het wegdek dat is aangelegd met lagetemperatuurasfalt, dat de dubbele levensduur heeft, en door het hergebruik van olie, fundering en tegels.

Sweco analyseerde de circulariteit voor de wegmaterialen, dit betreft geen materialen zoals lichtsystemen, verkeersborden etc. De input van het wegmateriaal omvat:

- 66% primaire niet-hernieuwbare bron, voornamelijk asfalt, gemengd granulaat en teer.
- 2% primaire hernieuwbare bronnen (compost in de bovengrond)

- 16% is input van hergebruik uit het project, voornamelijk gemengd granulaat en gebakken klinkers
- 16% is input van hergebruik van elders (recycling), voornamelijk asfalt, gemengd granulaat en beton

De output aan het einde van de levensduur zal naar verwachting zijn:

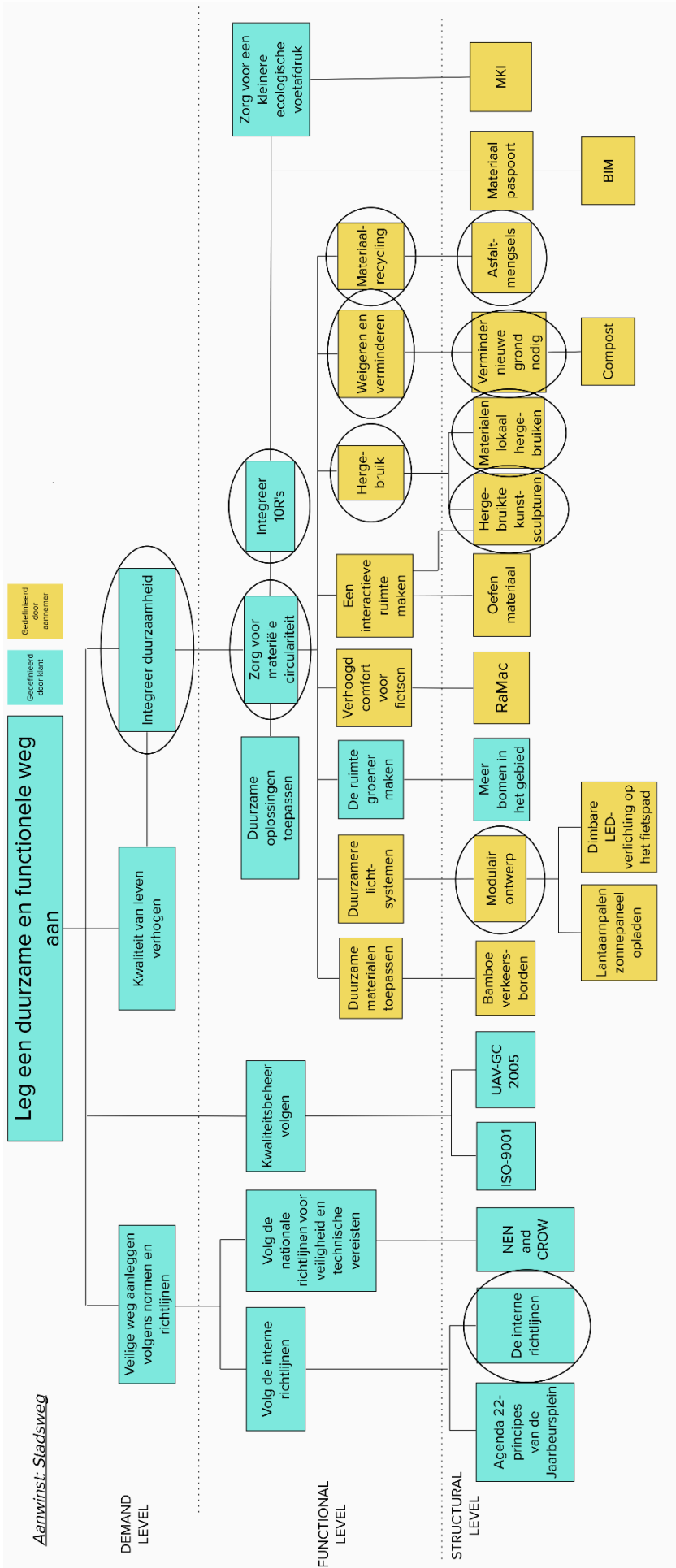
- 24% voor hergebruik direct in het project (baksteen en gemengd granulaat)
- 76% kan worden gerecycled
- 1% zal naar de stort gaan.

### 3.8.3 IAAS-overwegingen

Er werd benadrukt dat een lagere complexiteit nodig is om de dynamiek in het project beter te beheersen. Croeselaan werd beschouwd als een complex project en IAAS werd niet voortgezet. Volgens de gemeente paste IAAS destijds niet in de aanbesteding zoals die door de gemeente was geïnitieerd. Bovendien gaven ze aan dat de overwogen contractduur niet voldoende was om de voordelen te zien. Onderhoud maakte bijvoorbeeld deel uit van het IAAS-contract en de traditionele contracttijd van ongeveer vier jaar is te kort om de voordelen te laten zien, omdat er voor veel infrastructuurobjecten niet veel onderhoud plaatsvindt. Ook de schaal van het project is belangrijk. Croeselaan was een te klein project met een onevenredige investering tijdens de aanbestedingsfase. Het werd gezien als niet winstgevend voor het IAAS-contract (Figuur 32).

Volgens de opdrachtgever moet de organisatie ervoor zorgen dat er voldoende tijd wordt besteed aan het aanbestedingsproces, zodat aanbesteders de tijd hebben om met innovatieve ideeën of duurzame optimalisaties te komen. Wat de gunningscriteria betreft, moet de nadruk meer liggen op het proces en de samenwerking met de IAAS en moet de dialoog tussen de opdrachtgever en de aannemer gedurende de looptijd van het contract worden gevoerd. Terwijl de aannemer voldoende vrijheid moet hebben om tot de meest duurzame en/of circulaire oplossing te komen, moet het duurzame doel gezamenlijk tussen partijen worden afgesproken.

Er is ook bezorgdheid over de restwaarde, d.w.z. de waarde van het asset aan het einde van het contract. Het risico bestaat dat er voor de volgende contractperiode meer betaald moet worden, iets wat ook zal gebeuren als grondstoffen schaarser en dus duurder worden. Hoewel IAAS niet als contract voor Croeselaan is gekozen, werd gesteld dat het waarschijnlijk zou hebben bijgedragen aan een betere samenwerking, maar niet noodzakelijkerwijs aan een grotere circulariteit van materialen.



Figuur 32 Contractkader voor Croeselaan in Utrecht. Utrecht werd gedefinieerd als een traditioneel contract waarbij de aannemer de vrijheid had om te kiezen voor circulaire en duurzame elementen. De representatie op basis van Van Ostaeyen et al. volgt niet als een servicestructuur. (2013) volgt de hiërarchie van de drie niveaus op basis van het traditionele contract. Daarnaast is er een onderscheid tussen de elementen gedefinieerd door de opdrachtgever (blauw) en opdrachtnemer (geel). De omcirkelde elementen bevatten cirkelvormige elementen.

# Stakeholder analyse

Enablers, Barrières en  
dissensus

## Stakeholderanalyse: enablers en barrières

De menselijke factor is misschien wel een van de meest invloedrijke factoren in elk project. Zeker wanneer innovatieve en disruptieve ideeën op een compleet nieuwe manier bij elkaar worden gebracht. Om de invloed van betrokkenen te evalueren, werd een stakeholderanalyse uitgevoerd om enablers (paragraaf 4.2), barrières (paragraaf 4.3) en dissensus (paragraaf 4) te identificeren. Elke sectie omvat factoren variërend van contextuele aspecten (zoals motivatie en vertrouwen) tot juridische, economische en organisatorische aspecten.

### Wat is stakeholderanalyse?

Stakeholderanalyse is een van de meest gebruikte methoden om de belangen van de belangrijkste partijen beter te begrijpen. Stakeholderanalyse is nuttig voor projectmanagement omdat het inzicht geeft in de diversiteit aan meningen, hier ook de belangrijkste hindernissen en enablers. Door hiermee rekening te houden, kunnen toekomstige projecten gunstig worden beïnvloed en het programma als geheel vooruitgaan. Het doel van de analyse is om te zien hoe actoren die verschillende niveaus en pilots vertegenwoordigen, kijken naar de belangrijkste aspecten van het project. Stakeholderanalyse helpt ook om aanbevelingen en mogelijke verbeteringen voor de toekomst te verkrijgen.

De stakeholderanalyse omvatte twee enquêtes en een reeks verdiepingsinterviews, met verdere input van projectmanagers om de validiteit van de resultaten en de context van de factoren te verifiëren. De enquêtes bevatten stellingen met een Likert-schaal van 7 (1- Zeer sterk oneens, 7- Zeer sterk mee eens). Elke verklaring vertegenwoordigt een element, dat werd gekozen op basis van DCW-programmaspecificaties en eerder geïdentificeerde factoren bij de vorming van industriële symbiose.

Terwijl enquête 1 zich richtte op de randvoorwaarden, concentreerde survey 2 zich op de procesomstandigheden en de toekomst (bijv. het opbouwen van relaties en gemeenschappelijk begrip, het opbouwen van kennis en organisatieverandering). De vragen omvatten drie categorieën bestaande uit de politieke, technische en economische aspecten. Daarnaast bevatte de enquête een controlevraag over het niveau van zekerheid over kennis (d.w.z. wat is het niveau van zekerheid dat u in uw kennis hebt voor de vorige vragen). De meerderheid van de deelnemers was zeker van hun kennis in elke categorie van enquête 1, met de hoogste onzekerheid van 11% voor de politieke aspecten. De economische en technische aspecten in enquête 2 bevatten een onzekerheidsniveau van 23% van de deelnemers. Enquête 2 omvatte vragen over input

en output van secundaire materialen, schaalbaarheid, toename van het bereik, financiële mogelijkheden en compatibiliteit van de huidige economische omgeving.

Om de uitkomsten van de enquêtes te valideren en in perspectief te plaatsen zijn de projectleiders semigestructureerd geïnterviewd bij zowel opdrachtgever als opdrachtnemer. De focus lag op het interviewen van mensen die betrokken waren bij de projecten in latere stadia (het ontwerp was of bijna afgerond of geheel afgerond), omdat werd aangenomen dat in dit stadium meer inzichten konden worden verkregen. De details van de enquêtes en interviews zijn te vinden in Tabel 12.

Tabel 12 Fasen van de analyse van belanghebbenden.

Podium	Beschrijving	Periode	Aantal deelnemers	Bijzonderheden
<b>Enquête 1</b>	Gericht op randvoorwaarden	juli 2021– oktober 2021	27	80 verklaringen
<b>Enquête 2</b>	Gericht op procescondities en toekomstperspectieven	oktober 2021- januari 2022	22	47 verklaringen en twee schriftelijke antwoorden
<b>Interviews</b>	Semigestructureerd	oktober 2021- februari 2022	9	Overijssel 2 Rol: projectmanager, beleidsadviseur/facilitator Amersfoort 2. Rol: projecteigenaar, duurzaamheidsexpert Noord-Brabant 1 Rol: projecteigenaar Noord-Holland 1 Rol: projecteigenaar Dura Vermeer 3 Rol: projectmanager

De volgende secties vertegenwoordigen de consensus over elementen die werden geïdentificeerd als enablers en barrières, evenals de elementen die een verschil inzicht opleverden onder de belanghebbenden. We rapporteren over de belangrijkste gevonden aspecten, d.w.z. de aspecten die in meer dan drie interviews werden genoemd of de aspecten die via scores in de interviews werden geïdentificeerd. Het Likert-scoresysteem, welke gebruikt werd in de vragenlijst, had een keuzeschaal voor de deelnemers gelijk aan 1 t/m 7. Hierin vertegenwoordigde 1 de optie 'barrière', 4 de optie 'neutraal' (dissensus) en 7 de optie 'enabler'.

De score is gebaseerd op de perceptie van belanghebbenden en is dus geen neutrale evaluatie van het project. De term 'enabler' vertegenwoordigt een systemische factor die de IAAS aandrijft. Dit kan zowel een oorzaak als een gevolg zijn, afhankelijk van de specifieke kenmerken van de pilot, persoonlijke kwaliteiten, eerdere ervaring, etc. Zo is *vertrouwen* tussen de partners een oorzaak die IAAS mogelijk maakt, terwijl *het opdoen van de ervaring* het gewenste effect is dat helpt bij verdere motivatie, maar ook de aanleiding is om deel te nemen aan DCW. Hetzelfde kan worden gezegd dat als een element wordt geïdentificeerd als een barrière; *wettelijke beperkingen* IAAS-vorming kunnen belemmeren, terwijl gebrek aan interne verandering een oorzaak kan zijn waarom IAAS wordt belemmerd. Echter, wanneer het wordt ervaren gedurende een langere tijd, dan kan dit een negatief effect hebben op de motivatie en bereidheid van belanghebbenden.

De belangrijkste enablers, barrières en dissensusfactoren zijn gegroepeerd in uitgebreide categorieën. De contextuele, economische, technische en intra-organisatorische aspecten werden gevonden in alle drie de categorieën van elementen. Interorganisatorische aspecten waren meer aanwezig in enablers en barrières. Verder werden barrières en dissensus gevonden voor politieke aspecten. Deze categorieën zijn gekozen zodat discussie over elementen in verband kan ontstaan en oplossingen daarmee uit een bredere context gevonden kunnen worden. Op deze manier kan één oplossing of een aanbeveling potentieel meerdere van de gevonden barrières aanpakken.

## 4.1 Samenvatting

De stakeholderanalyse bracht een aantal belangrijke punten aan het licht met betrekking tot de factoren, belemmeringen en onzekerheden van de implementatie van het As a Service-model. Ten eerste was de consensus voor de sterkste enablers (zie figuren 33 en 34) onder het Circulaire Wegenprogramma:

- Voor de contextuele aspecten zijn de meest stimulerende elementen: *motivatie, initiatie van marktverandering en toekomstig nut*.
- Voor de economische aspecten is het sterkste element: de overtuiging dat *kennisdeling het economisch potentieel vergroot* en dat *toekomstige markten IAAS mogelijk zullen maken* wanneer er meer secundaire middelen beschikbaar zijn.
- Voor de intra-organisatorische aspecten maakte de *interesse in andere pilots* naast hun eigen experimenten het aantrekkelijk om aan het programma deel te nemen.
- En ten slotte waren er voor de interorganisatorische aspecten drie meest prominente factoren: *het versterken van de samenwerking tussen overheid en bedrijfsleven*, de voordelen die dit oplevert voor *toekomstige samenwerkingen* en



de *aanvankelijk verkennende stijl*, die aantrekkelijk was voor de overgrote meerderheid van de belanghebbenden.

Ten tweede wijst de consensus die is bereikt over de *sterkste barrières* (Figuur 35) op de volgende uitdagende aspecten:

- Voor de politieke aspecten is de belangrijkste barrière de *bureaucratische processen* die ermee gepaard gaan, die disruptieve sociale innovaties zoals IAAS vertragen.
- Voor intra-organisatorische aspecten waren de belangrijkste barrières de *behoefte aan interne overtuigingskracht* voor de klantorganisatie en het *ontbreken van interne procedurele veranderingen*.
- Voor contextuele aspecten waren de belangrijkste barrières *gebrek aan kennis*, die een effectieve ontwikkeling, *kennisoverdracht* en *veranderingsbereidheid* belemmeren.

Ten slotte werden een paar onderwerpen niet met consensus maar met dissensus beantwoord, enerzijds mogelijk door een gelijk opgaand verschil van inzicht onder de belanghebbenden, anderzijds mogelijk vanwege onzekerheid van ten minste 1/3 van de deelnemers.

- Voor politieke aspecten weten de stakeholders niet hoe IAAS-projecten *door de rijksoverheid worden ondersteund* en is er verdeeldheid over de afspraken of *lokale overheden IAAS ondersteunen*. Dat laatste verschilt natuurlijk van geval tot geval.
- Voor intra- en interorganisatorische aspecten weet 39% van de stakeholders niet zeker of er werkelijk sprake is van een *gebrek aan interne verandering*. Bijna hetzelfde aantal voelt *onzeker of verantwoordelijkheid en machtstoewijzing* op de juiste manier worden verdeeld.

In wezen laten de aspecten van consensus over enablers en barrières de gemeenschappelijke krachten zien die de implementatie van As a Service in alle pilots hebben geholpen en belemmerd. De dissensusaspecten zijn mogelijke contextuele aspecten die de verschillende uitkomsten van de pilots kunnen verklaren.

## 4.2 Enablers

Figuren 33 en 34 vertegenwoordigen de belangrijkste 30 enablers voor interorganisatorische, intra-organisatorische, technische, economische en contextuele aspecten die helpen om As a Service te laten slagen. Onder deze 30 afzonderlijke enablers zijn elf factoren gevonden als zeer sterke enablers, die actief nodig zijn

gedurende de projectfasen tot de uitvoering of dienen als motivatie op de achtergrond om het project succesvol te laten zijn.

## 4.2.1 Contextuele aspecten

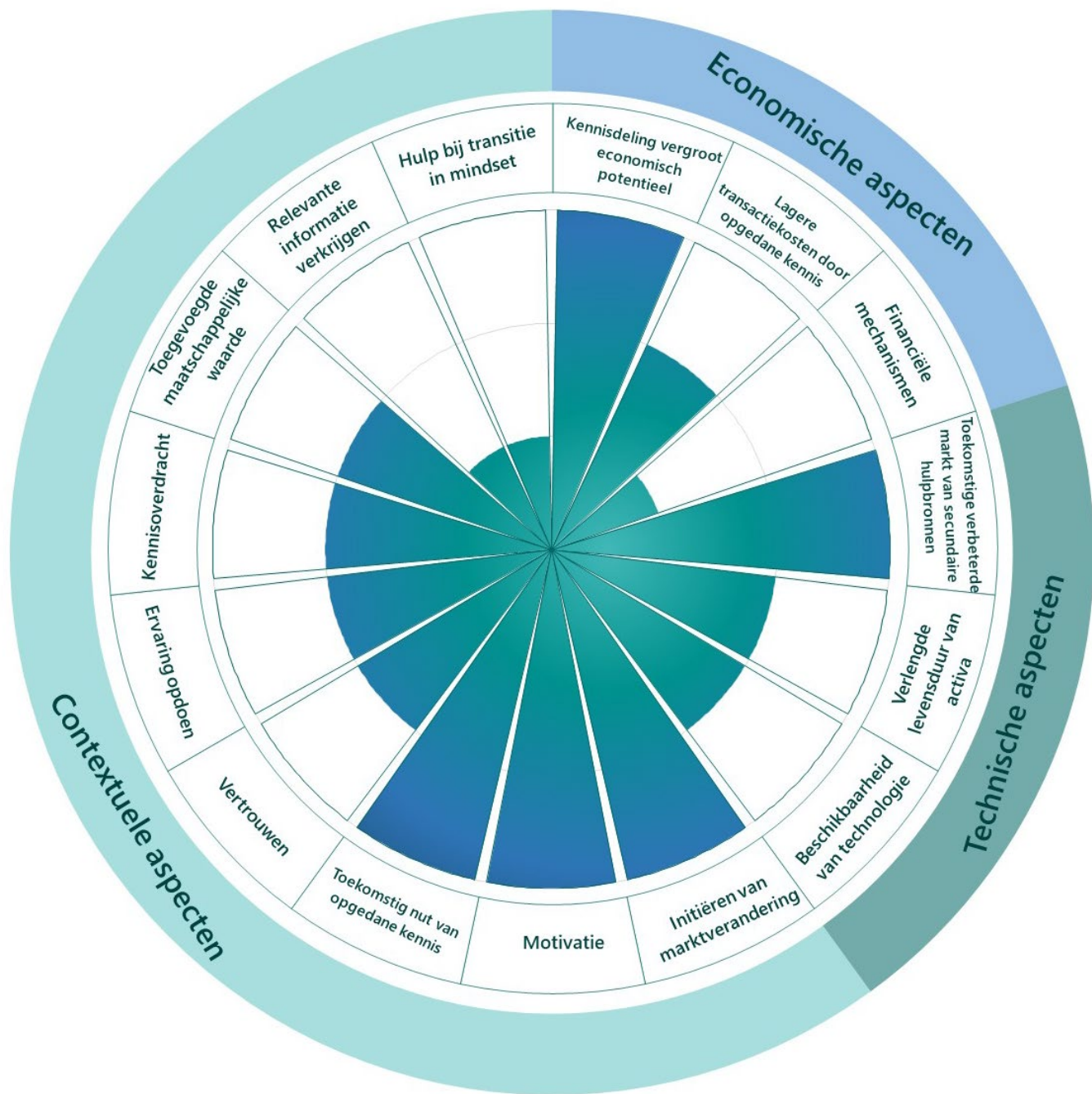
Er zijn negen belangrijke contextuele enablers. Ze zijn gegroepeerd in drie categorieën om hun begrip te vergroten: key enablers (de sterkste en genoemd in het hele programma), de kennis gerelateerde enablers (aspecten die direct verband houden met het verwerven van kennis) en transitie enablers (aspecten van verandering/transitie in samenleving).

### **Belangrijkste enablers: motivatie en vertrouwen**

Hoewel veel van deze factoren gemeenschappelijke enablers zijn voor elk soort project, spelen deze factoren in IAAS een prominentere rol. Een creatief en disruptief project heeft constante motivatie, vertrouwen en transparantie nodig. Zodra deze factoren er niet zijn, kan dit ernstige problemen veroorzaken. Er werd gesteld dat het project alleen goed kan verlopen als zowel vertrouwen als motivatie sterk aanwezig zijn.

In het DCW-programma werd geconstateerd dat er vertrouwen is in de collega's die de projecten faciliteren, in de eigen organisatie en buiten de eigen organisatie. Ook is er vertrouwen in het delen van informatie met iedereen in het programma. *Transparantie* is een belangrijke factor bij het creëren van vertrouwen tussen partijen.

Motivatie blijkt echter een sterke enabler te zijn die moeilijk vol te houden was en op een gegeven moment ontbrak.



Figuur 33 De belangrijkste enablers voor secundaire materialen, economische en technische aspecten. Er zijn drie sterkteniveaus: de zwakkere in de binnenste cirkel, de middelste in de tweede cirkel en de sterkste enablers die de derde, buitenste cirkel bereiken, wat ook zichtbaar is voor de kleurverloopverandering.

### Kennis gerelateerde contextuele enablers: ervaring opdoen, relevante informatie verwerven, kennisoverdracht en toekomstig nut van opgedane kennis

Het belangrijkste doel van DCW vanaf het begin was om ervaring en kennis op te doen met IAAS. Dit heeft meerdere lagen. Ten eerste is het om ervaring op te doen met het As a Service-model. Ten tweede is het om informatie te verkrijgen die zowel intern voor de organisatie nuttig is als voor de relatie tussen opdrachtnemer en opdrachtgever. Van deze vier factoren was de sterkste enabler het toekomstige nut. Dit gold voor alle betrokken pilots en belanghebbenden, wat betekent dat de toekomstvisie een sterke motivatie is om IAAS te hebben. Zowel de opdrachtgever als de opdrachtnemer kunnen alleen vertrouwen op hun ervaring (eigen of anderen) om te weten of een servicemodel haalbaar is en wanneer ze dit moeten overwegen. Dit is verbonden met de volgende reeks enablers, die verband houden met de overgang naar de circulaire economie, omdat de verschuiving plaatsvindt met de toekomstige situatie in gedachten.

### Transitional enablers: Toegevoegde maatschappelijke waarde, Hulp bij transitie in mindset, Initiëren van marktverandering

Van deze drie factoren bleek het initiëren van de marktverandering de sterkste enabler te zijn. Dit is dan ook de reden achter het DCW-programma. De stakeholders van DCW erkennen dat het bereiken van circulariteit in de infrastructuur en het behalen van de nationale doelen een verandering van BAU vereist.

*"Ik denk dat de markt klaar is om die extra stappen te zetten. En samen kunnen we de voordelen creëren." Bernard Smit, Dura Vermeer*

Op de achtergrond is er een overtuiging dat IAAS een maatschappelijke waarde toevoegt, vooral omdat het helpt de mindset en de status quo te veranderen. Deze twee factoren zijn niet zo prominent aanwezig, maar moeten aanwezig zijn om marktveranderingen in gang te zetten. IAAS wil dus zowel de marktverandering initiëren als ook het resultaat zijn van de transformatie naar CE.

Hoewel circulariteit over het algemeen als haalbaar wordt beschouwd (zelfs zonder het IAAS-model), moeten daarvoor alle factoren bekend zijn (de klant moet precies weten wat hij moet uitvragen) en de supply chain zelf moet circulair zijn. Een dergelijke transitie zal waarschijnlijk niet plaatsvinden, omdat dit project ook heeft laten zien dat lineair denken en onwil om te veranderen blijven bestaan. Vaak vindt de marktverandering plaats over een langere periode, wanneer er lering is getrokken uit projecten die niet naar uitvoering zijn gegaan. Er werd vermeld dat de eerste ontwikkelingen bij de Provincie Overijssel hielpen bij het vormen van andere pilots, omdat er zoveel werd ontdekt. Dus ook zonder naar de uitvoeringsfase te gaan, diende de Overijsselse pilot als een belangrijke hefboom voor het leereffect van andere partners.

*"Ik hoop dat dit zal helpen bij de systeemverandering. Het zal aansluiten bij onze doelen en de aannemer zal niet alleen betrokken zijn bij het bouwen, maar zal daadwerkelijk nadenken over verminderen en hergebruiken. Dan met de overheid om te begrijpen dat ook zij er bij betrokken zijn die niet alles op de aannemer kunnen zetten." Fanauw Hoppe, Amersfoort*

## 4.2.2 Economische aspecten

**Kennisdeling vergroot economisch potentieel, Lagere transactiekosten door opgedane kennis, Financiële mechanismen**

Kennisdeling wordt gezien als een sterke enabler om het economisch potentieel te helpen vergroten. Kenniswinst vormt een grote financiële stimulans door het verkorten van de besluitvormingsprocessen over de haalbaarheid van assets en contractuele afspraken, waardoor de transactiekosten worden verlaagd. Aan de andere kant is het aannemen van meer financiële mechanismen om het gebruik van IAAS te stimuleren (bijv. subsidies, belastingverlichting, meer financiële hulp) een zwakke enabler. Dit komt omdat de meeste pilots zich niet in de eindfase bevonden en nog steeds bezig waren met het bespreken van het ontwerp en andere aspecten op het moment van de enquêtes en interviews. Er moet meer kennis komen over de investerings- en financieringsmogelijkheden (zie de paragraaf over dissensus), en deze stappen zijn gepland voor de toekomst om IAAS te versterken.

## 4.2.3 Technische aspecten

**Langere levensduur van assets, beschikbaarheid van technologie, toekomstige verbeterde marktvraag en aanbod van secundaire middelen**

De toekomstige toestand van de markt is de sterkste factor voor de technologie gerelateerde aspecten. Erkend wordt dat de huidige marktomgeving nog niet circulair is, wat het circulaire project in de weg kan staan. Hoewel IAAS helpt bij het initiëren van dergelijke veranderingen, is de circulariteit ervan ook afhankelijk van vraag en aanbod. IAAS wordt gezien als de drijvende kracht achter het verminderen van primaire materialen en het verhogen van het gebruik van secundaire materialen, hoewel deze verandering niet wordt beschouwd als een significante impact op de markt. Dit is begrijpelijk omdat de pilots een zeer kleine omvang hebben en dergelijke verschillen pas zichtbaar worden na een aantal jaren van een veel groter project (schaal of reikwijdte).

Vanwege de lange levensduur van de infrastructuur assets is verlenging van de levensduur momenteel een aanname omdat dit alleen op tijd kan worden bewezen. Er kunnen verschillende factoren zijn die kunnen helpen om de levensduur te verlengen, zoals een modulair ontwerp, waarbij het product kan worden gedemonteerd en

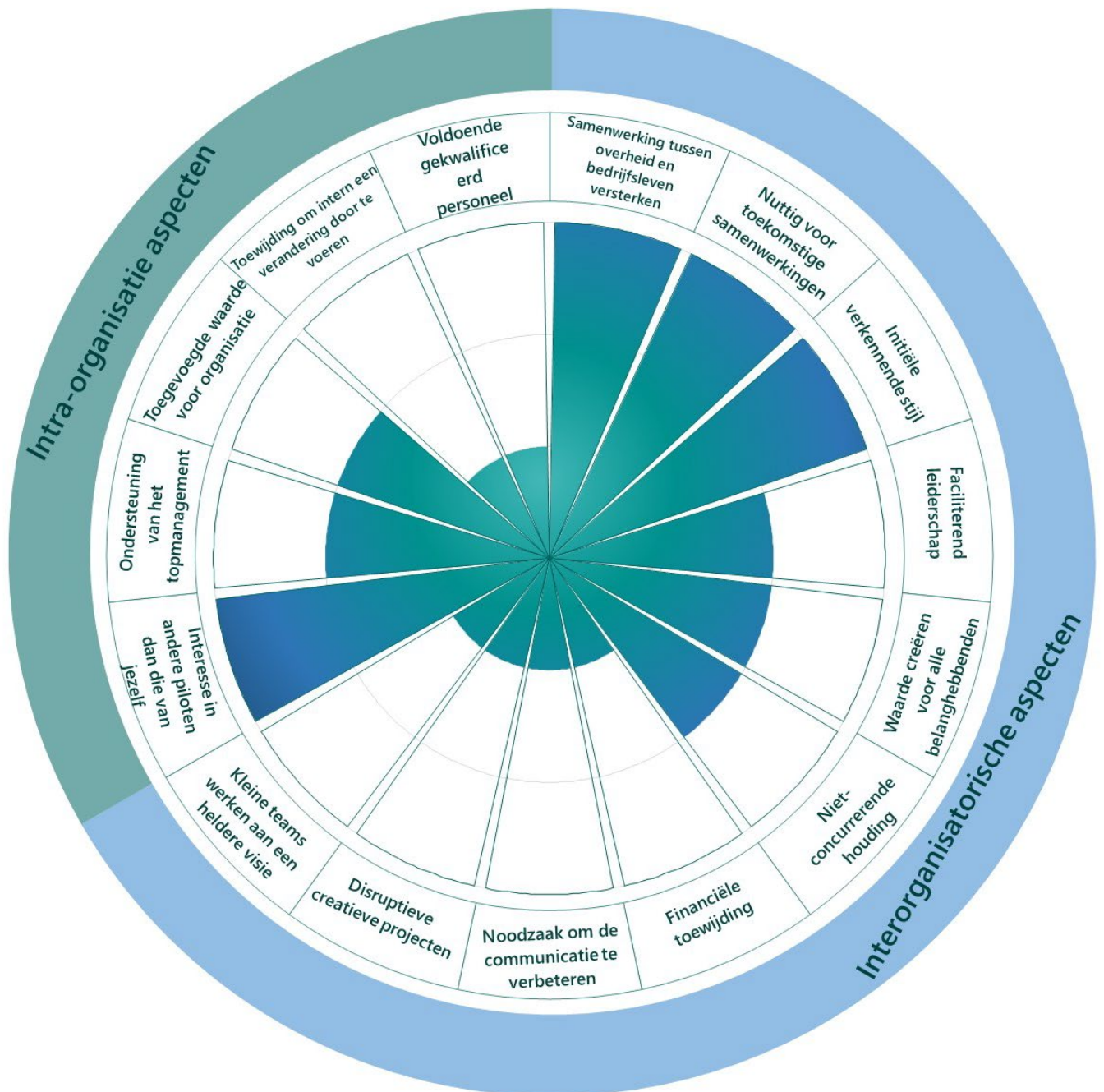
hergebruikt en/of gerecycled. Niettemin wordt erkend dat technologie nodig is om IAAS te realiseren, en men gelooft dat IAAS de technologische innovatie in de toekomst zal stimuleren. De technologische paraatheid kent echter verdeeldheid onder de belanghebbenden (zie paragraaf dissensus – technische aspecten).

#### 4.2.4 Interorganisatorische aspecten

Interorganisatorische aspecten hebben te maken met verschillende groepen van enablers die rekening houden met de relatie tussen de organisaties: collaboration enablers, project gerelateerde enablers (diegene die het projectwerk direct beïnvloeden) en ondersteunende enablers (degenen die een ondersteunende rol spelen in de inter-organisatie relatie).

**Samenwerking gerelateerde enablers: gunstig voor toekomstige samenwerkingen, Behoeftte aan verbetering van de communicatie, Waarde creëren voor alle belanghebbenden, Niet-competitieve houding**

Onder enablers die de samenwerking tussen de organisaties helpen, is de meest vitale enabler het vooruitzicht op voordelen die worden behaald met toekomstige samenwerkingen. Dit wordt ondersteund door de eerdere contextuele factoren die aantoonde dat het versterken van de relatie tussen de bedrijven een aanzienlijke invloed heeft op de motivatie achter IAAS-projecten. Dit werd ook in de interviews door zowel opdrachtgever als opdrachtnemer genoemd. Hoewel deze factor aantoonde dat IAAS gunstig kan zijn voor toekomstige relaties tussen de organisaties, de vorige factor van toekomstig nut van verkregen informatie heeft een meer individueel element, omdat de organisatie zelf inzichten en opgedane kennis kan gebruiken. Hier is de onderliggende enabler de niet-competitieve houding, die open communicatie en kennisoverdracht mogelijk maakt. Dit is een belangrijk element omdat eerder vertrouwen als uiterst belangrijk werd ervaren. Hoewel vertrouwen kan worden gehandhaafd, zelfs met een competitieve houding, is het meestal in gevallen waarin de meeste risico's en elementen van de projecten bekend zijn. IAAS maakte een grote sprong in het onbekende en het feit dat zij verder gaan dan concurrerende belangen was een belangrijke factor om dat mogelijk te maken. Het inbrengen van alle opgedane kennis en ervaring, zowel positief als uitdagend, creëerde waarde voor alle belanghebbenden, wat een mid-level enabler is die door de meerderheid van de betrokken mensen belangrijk wordt gevonden. De behoefte aan verbetering van de communicatie in deze context is de enabler die door het IAAS-programma wordt geïdentificeerd. Dit spreekt niet over gebrek aan communicatie, integendeel. Het erkent dat we dit op de achtergrond van dit soort projecten nodig hebben, omdat er behoefte is aan verschillende soorten communicatie die tot stand worden gebracht door disruptieve creatieve projecten te hebben.



Figuur 34 De belangrijkste enablers voor interorganisatorische en intra-organisatorische aspecten. Er zijn drie sterkteniveaus: de zwakkere in de binnenste cirkel, de middelste in de tweede cirkel en de sterkste enablers die de derde, buitenste cirkel bereiken, wat ook zichtbaar is voor de kleurverloopverandering.

### **Project gerelateerde enablers: Disruptieve creatieve projecten, Initiële exploratieve stijl, Kleine teams die werken aan een duidelijke visie**

Het hebben van disruptieve creatieve projecten is door velen benadrukt als een positieve kant van IAAS. Hier was de sterkste factor de aanvankelijke exploratieve stijl die werd genoemd als een van de leukste ervaringen tijdens IAAS-fasen. De kleine projectomvang van IAAS-pilots hielp bij het creëren van een kleine toegewijde kracht voor dynamisch denken (in tegenstelling tot BAU). Deze nieuwe manier van werken opent de deur naar de mogelijkheid om "samen de stappen te doorlopen" en maakt ideeën mogelijk die normaal gesproken niet zouden ontstaan. Hoewel deze fase soms langer kan duren, is het een belangrijke, omdat het ook de eerste discussie brengt over nieuwe dingen die kunnen worden opgenomen. *Door creatieve, open communicatie wordt herbezinning mogelijk. Hoewel 'rethink' een van de hoogste R-strategieën in de circulaire economie is, concentreren bedrijfsmodellen zich vaak op meetbare strategieën zoals hergebruik en recycling. Maar IAAS ging verder en erkende de noodzaak van verandering die plaatsvindt door eerst de mindset te veranderen. En dat we soms alleen 'leren door te doen'.*

### **Ondersteunende enablers: Faciliterend leiderschap, Financiële toewijding**

Het programma profiteerde over het algemeen van faciliterend leiderschap. Het hebben van goede facilitators is erkend als een belangrijke factor onder de belanghebbenden, die vaak woorden van waardering deelden. Dit bracht aanmoediging voor IAAS en creëerde een framework voor iedereen om bij elkaar te blijven en niet te verspreiden. De enabler die een voorloper was van IAAS was de financiën toewijding van alle belanghebbenden en hun bereidheid om financiële ter beschikking te stellen. De inzet kan zich ook uiten als het ontbreken van financiële discussie. Nadat het eerste akkoord betreft financiële middelen is bereikt, kan het vertrouwen worden verhoogd als financiën niet het overheersende gespreksonderwerp zijn totdat er meer concrete ideeën over het contract zijn bereikt. Zo was een van de succesfactoren van Noord-Brabant het uitsluiten van financiering als een onderwerp in de eerste gesprekken.

### **Verbetering van de samenwerking tussen overheidsinstanties en bedrijfsleven**

IAAS heeft ook een ondersteunend effect op de samenwerking tussen overheden en het bedrijfsleven. Het is een van de belangrijkste zeer sterke enablers die helpen om IAAS-projecten te motiveren. De samenwerking en communicatie die nodig is tussen de overheid (opdrachtgever) en de aannemer werd genoemd als zeer verschillend van de traditionele manier van communiceren voor de infrastructuurprojecten. Ook dit is een groot leerproces geweest en beide partijen gaven aan waardevolle inzichten te hebben gekregen in de afweging en gevolgen die de andere partij tegenkomt bij het nemen van beslissingen. *Dit zou meestal niet gebeuren.* Het begrip van opdrachtgever voor opdrachtnemer en opdrachtnemer voor opdrachtgever vergroot het nut van IAAS-



projecten. Goede communicatie en begrip zijn de hoekstenen van elk project. Daarom kunnen de opgedane inzichten grote voordelen opleveren voor elk toekomstig project, of het nu IAAS of een ander creatief circulair of duurzaam project zal zijn.

## 4.2.5 Intra-organisatorische aspecten

Intra-organisatie aspecten zijn verantwoordelijk voor enablers die intern een rol spelen binnen een bedrijf. De belanghebbenden hebben vijf belangrijke factoren geïdentificeerd. Ze kunnen worden onderverdeeld in twee categorieën: transitional enablers (aspecten die de organisatie helpen om verandering/transitie te maken) en ondersteunende enablers (die een ondersteunende rol spelen binnen de organisatie).

**Transitional enablers: Commitment om intern een verandering door te voeren, Toegevoegde waarde voor de organisatie, Voldoende gekwalificeerd personeel**

Hoewel toewijding om intern een verandering door te voeren een enabler is, is het een zwakke. Er is hier zeker ruimte voor verbetering, omdat het niet universeel wordt gezien als de enabler en velen worden geconfronteerd met uitdagingen in hun eigen organisatie. Het faciliteren van de competentie van verandering heeft dus meer ondersteuning nodig. Toegevoegde waarde voor de organisatie en voldoende gekwalificeerd personeel zijn twee essentiële factoren die door stakeholders als enablers moeten worden erkend om IAAS mogelijk te maken. Hoewel er een gebrek aan kennis kan zijn, moet gekwalificeerd personeel aanwezig zijn om ervoor te zorgen dat disruptieve projecten kunnen plaatsvinden. Deze raakte technische kwalificatie, maar ook enige expertise of eerdere ervaring op het gebied van duurzaamheid, circulariteit, contractonderhandelingen en andere. Afhankelijk van het project moeten de experts uit verschillende vakgebieden komen, van technische kwalificaties tot experts op het gebied van duurzaamheid, circulariteit, contractonderhandelingen en anderen.

**Ondersteunende enablers: Ondersteuning van het topmanagement, Interesse in andere pilots naast de eigen**

Interesse in andere dan de eigen pilots werd erkend als de sterkste enabler onder de intra-organisatorische aspecten voor het programma. Samen met goede ondersteuning van topmanagement en managers toont dit de onderliggende bereidheid om te veranderen en van elkaar te leren. Daarnaast kan interesse in andere pilots het IAAS-potentieel vergroten en kan toekomstig gebruik als andere infrastructuur assets worden overwogen en geïntegreerd naast de huidige pilots die in de gemeenten en provincies worden toegepast. Zo is er al door meerdere opdrachtgevers aangegeven dat Verlichting As a Service in de belangstelling staat.

*"Het is als een lijst met problemen en oplossingen. Als IAAS niet op de lijst staat, zal het niet gebeuren. We moeten IAAS op de lijst zetten om het zelfs maar te overwegen." Ric Vergeer, Noord-Brabant*

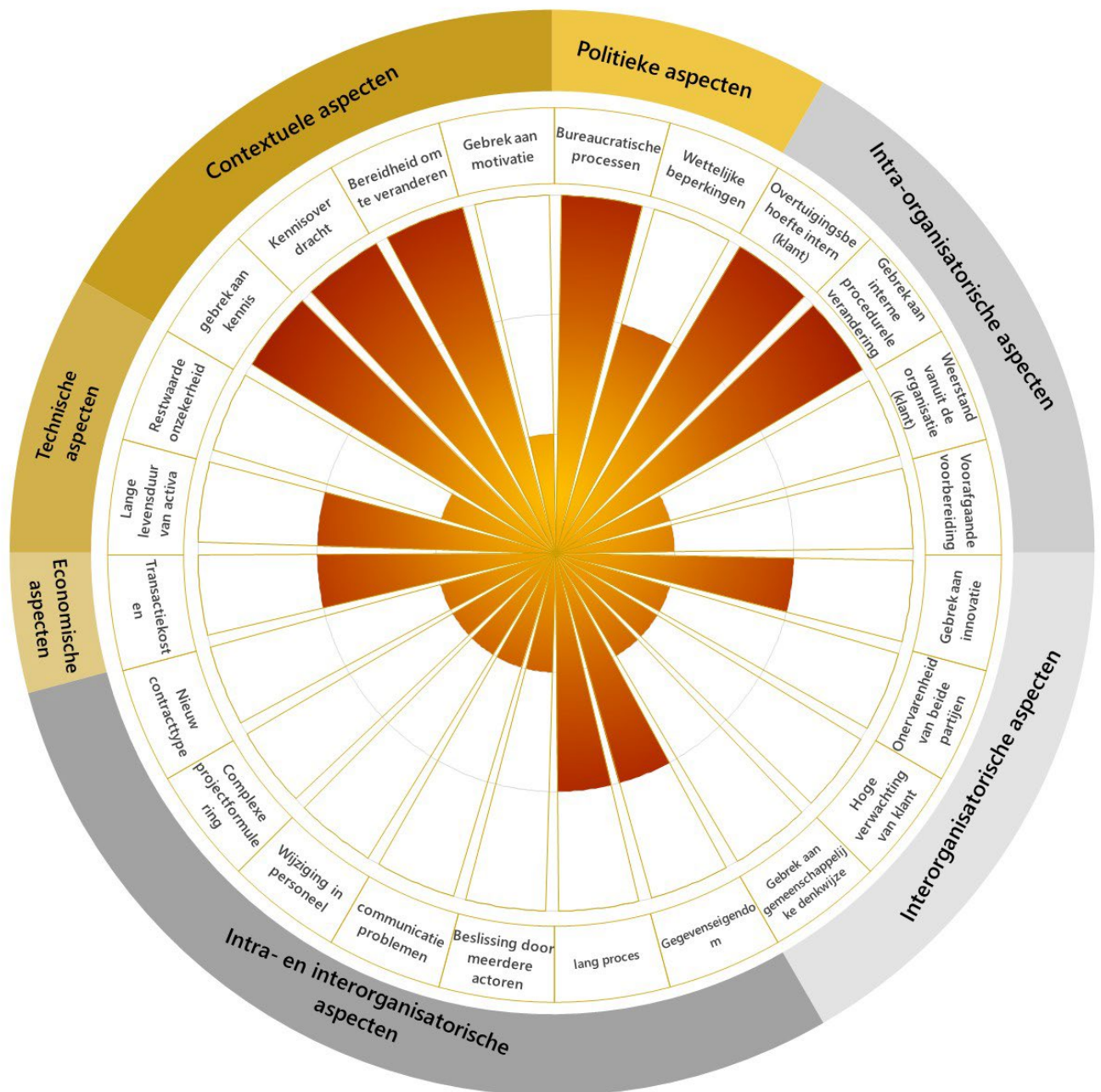
## 4.3 Belemmeringen

De barrières zijn gebaseerd op zowel enquêtes als interviews. Samen identificeerden we 24 belangrijke barrières, waarvan 6 zeer sterke barrières voor IAAS, zie Figuur 35. Net als bij de contextuele enablers (zoals motivatie en vertrouwen), kunnen sommige van deze barrières aanwezig zijn in elk nieuw creatief project. In een disruptief project als IAAS zijn deze echter prominenter aanwezig en hebben ze meer invloed op het project in het algemeen (bijvoorbeeld verandering van personeel, gebrek aan motivatie). De barrières kunnen worden gegroepeerd in verschillende categorieën (zichtbaar in de buitenste cirkel van Figuur 35). Ze worden in chronologische volgorde besproken, beginnend rechtsboven (politieke aspecten) en eindigend met linksboven (contextuele aspecten).

### 4.3.1 Politieke en legale aspecten

#### Bureaucratische processen, Wettelijke beperkingen

Hoewel bureaucratische processen en wettelijke beperkingen een probleem kunnen zijn in elk soort project, kunnen ze vooral een uitdaging zijn in IAAS. Dit heeft ook te maken met de grootte van de pilot en de noodzaak om snel te handelen zodra de beslissingen zijn genomen, zoals in het geval *van lang wachten op vergunningen*. Omdat IAAS een nieuwe manier van werken met zich meebrengt, kan bij het stilleggen van het werk in afwachting van goedkeuring het momentum van het werk verloren gaan. Nadat de vergunning binnenkomt, is een sterke duw nodig, maar het personeel zit niet in dezelfde mindset en moet zichzelf opnieuw motiveren. Dit is zeker zo omdat IAAS (nog) geen routinewerk is. Verder is *het aanbestedingsrecht* beperkend omdat het de duur van de opdracht kan belemmeren. De voordelen van de IAAS worden pas na langere tijd zichtbaarder. Korte contracten kunnen ook uitdagend zijn vanwege restwaarde en onderhoud. Voor veel assets zal er in de loop van een paar jaar weinig tot geen onderhoud plaatsvinden en zal het asset zelf in waarde niet aanzienlijk veranderen (uitzonderingen van prijsgevoeligheden daargelaten, zoals de fluctuerende marktprijs van bijvoorbeeld staal).



Figuur 35 De belangrijkste barrières. De factoren omvatten politieke, economische, technische, intra-organisatorische, inter-organisatorische en contextuele aspecten van infrastructure as a service (IAAS). Er zijn drie sterkteniveaus: de zwakkere in de binnenste cirkel, de middelste in de tweede cirkel en de sterkste enablers die de derde, buitenste cirkel bereiken, wat ook zichtbaar is voor de kleurverloopverandering.

Daarnaast kunnen ook langere processen worden gekoppeld aan het uitblijven van openbare aanbestedingen, waardoor er anders moet worden gecommuniceerd. Dura Vermeer kreeg de projecten toegewezen in een 1-op-1 situatie, wat wel kan voor een pilot maar niet gebruikelijk is voor projecten in het algemeen. *Het aanbesteden van één aannemer* kan negatief worden gezien door de marktopzet waarbij aanbesteding en rotatie van de aannemer wordt verwacht. Voor IAAS is het echter haalbaarder om langere contracten te hebben met één aannemer die de asset beheert. Zo niet, dan moet de klant het asset voortdurend terugkopen en een marktpartij opnieuw een offerte doen, vervolgens moet het contract opnieuw worden geëvalueerd en om de paar jaar opnieuw worden verkocht. Maar langere contracten hebben hogere budgetten die moeten worden goedgekeurd, wat zeer onwaarschijnlijk is voor kleine projecten zoals de huidige IAAS-pilots. Bovendien zijn hogere budgetten in strijd met de mogelijkheid om af te zien van de reguliere 'Europese Aanbesteding'-procedures. *Beperkingen die door normen worden gesteld*, zijn ook genoemd als een mogelijke hindernis. *Dit is geen IAAS-specifiek vraagstuk, maar raakt de circulariteit binnen het project.* Vanwege de levensduur van het asset zijn sommige van de huidige normen gebaseerd op verouderde informatie. Dit is het geval, vooral als het gaat om duurzaamheidsaspecten. Zo hebben de geleiderails een bepaalde levensduur te bereiken (circa 25-30 jaar) voordat ze vervangen moeten worden vanwege degradatie van het materiaal (omdat ze niet meer veilig zijn). Dit vermindert echter de herbruikbaarheid van de geleiderails. Als ze een paar jaar eerder worden gerenoveerd, is de verwachting dat de meeste geleiderails terug kunnen worden geplaatst nadat een nieuwe zinklaag is aangebracht.

### 4.3.2 Intra-organisatorische aspecten

Weerstand vanuit de organisatie (cliënt), Behoefte aan overredingskracht intern (opdrachtgever), Gebrek aan interne procedurele verandering, Voorafgaande voorbereiding

De behoefte aan interne overredingskracht voor overheidsinstanties en het gebrek aan interne procedurele verandering behoren tot de sterkste barrières. Er is een constante behoefte aan overreding van mensen intern, wat het IAAS-project in een vroeg stadium onder druk zet. Dit zet IAAS verder onder druk, omdat het extra inspanning en tijd vereist. Soms is er ondanks de beste inspanning toch weerstand vanuit de organisatie in de overheidsinstanties. Een creatieve manier van werken is bekend in veel industrieën waar R&D onderdeel is van een normale procedure. Als opdrachtgever is de overheid meestal geen onderdeel van de discussie bij het zoeken naar een creatieve oplossing, en daarmee het gevoel van "fight for it (IAAS) to be integrated" te ervaren. De bouwsector, met name op het gebied van infrastructuur, staat bekend als een van de minst creatieve industrieën wereldwijd, wat betekent dat disruptieve en innovatieve projecten langer kunnen duren om in de BAU te integreren. Het ontbreken van interne procedurele wijzigingen werd

dus door zowel aannemer als opdrachtgever als een belemmering naar voren gebracht. IAAS hoopt intern een verandering in gang te zetten, maar dat is nog niet gebeurd.

Voorafgaande voorbereiding ontbrak. Hieruit blijkt ook dat niet alleen opdrachtnemers maar ook opdrachtgevers in IAAS enige voorbereiding vooraf moeten doen.

### 4.3.3 Interorganisatorische aspecten

**Gebrek aan innovatie, onervarenheid van beide partijen, hoge verwachting van de klant, Gebrek aan een gemeenschappelijke mindset**

Gebrek aan innovatie verwijst naar de ontevredenheid van de opdrachtgever over het technische innovatieniveau dat de aannemer bij de bespreking van het ontwerp heeft bereikt. De aannemer mag echter alleen de technologie gebruiken waarvan is bewezen dat deze de veiligheid niet in gevaar brengt en voldoet aan de normen. Het verschilt van geval tot geval en is afhankelijk van de duur van het contract en de eerste communicatie. Over het algemeen geven langlopende contracten de voorkeur aan bekende en bewezen technologieën van beide partijen om de risico's en mogelijke voortdurende problemen te beperken. Terwijl de meeste opdrachtgevers het gevoel hebben dat er een gebrek aan innovatie is ervaren, geldt het tegenovergestelde voor de casus Noord-Brabant, waar innovatieve technologie de drijfveer was voor de pilot (dimlichtsysteem).

Dit in combinatie met de hoge verwachting van de opdrachtgever. Hoewel IAAS ontwrichtende projecten zijn, hebben ze net als elk ander project tijdsgrenzen, en zoals eerder besproken, is de aannemer gebonden aan de huidige normen en technologieën. Zoals uit de pilots blijkt, hebben eenvoudige projecten meer succes. Eenvoudige en meer directe systemen (zoals verlichting en geleiderails) vertegenwoordigen een eenvoudiger integratie in een systeem dat al tientallen jaren in een status-quo werkt.

Bovendien sluiten de visie van opdrachtgever en opdrachtnemer niet altijd op elkaar aan, waardoor een gemeenschappelijke mindset ontbreekt. Hoewel deze factor context specifiek is, kan de mogelijke verklaring een gebrek aan aanbestedingsprocedure zijn, wat zou helpen om visies duidelijker op elkaar af te stemmen. In de eerste gevallen van IAAS, wanneer IAAS nog niet als aanbesteding wordt aangeboden, kan de afstemming van de gemeenschappelijke mindset tijdens de initiële creatieve fase bij het formuleren van het project worden ingevuld en opgelost. De uitdaging hier ligt in het behouden van het momentum en de energie voorbij de beginfase om op dezelfde pagina te blijven. De opdrachtgevers kregen geweldige inzichten in de interne werking van de aannemer en begrepen iets meer over het besluitvormingsproces en vice versa.

### 4.3.4 Intra- en Inter-organisatorische aspecten

#### Project gerelateerde aspecten: Nieuw contracttype, Complexe projectformulering, Lang proces, Data-eigendom

Nieuw contracttype heeft zeker invloed op de projectformulering en de totale duur van het proces om beslissingen te nemen. Omdat de pilots begonnen als een gesprek, kon alles op tafel gelegd worden. Aanvankelijke creativiteit en een dynamische manier van werken waren voor iedereen een sterke enabler. Het maakt het proces echter langer, wat een feit is dat moet worden erkend. Het nieuwe contracttype is een uitdaging, zoals Sweco ook identificeerde in hun rapport dat IAAS evalueert voor DCW (Sweco, 2022). Dit komt ook door de kleine omvang van de projecten, aangezien er meestal geen prioriteit is maar meer een nevenproject. Wanneer de oplossing niet bij de hand is, kan deze buitenspel worden gezet, waardoor het proces wordt verlengd en perioden volgen waarin 'niets gebeurt'. Om naar een oplossing te zoeken, werd er soms "te veel tijd besteed aan iets dat niet wordt gebruikt." Hoewel dit een normaal proces is in elke creatieve industrie, of wanneer er sprake is van R & D of iets dergelijks, wordt het hier gezien als een barrière waar een veel snellere verhouding tussen idee en implementatie wordt verwacht. Veel ideeën worden maandenlang besproken en vervolgens weggegooid. *De uitdaging in IAAS ligt in de procesinnovatie.* Technische innovaties zijn gemakkelijker te integreren omdat ze extern zijn en duidelijk meetbare succesfactoren en vooruitgang hebben. Zo kunnen ze objectiever worden betrokken. In procesinnovatie zijn die veranderingen moeilijker waar te nemen, omdat het een uitdaging is waar men zelfintrospectie nodig heeft, en oplossingen afhankelijk zijn van meer onderling verbonden en minder zichtbare factoren. In zekere zin is IAAS dus moeilijker te implementeren dan technologische innovaties.

Bovendien moet het eigendom van gegevens in de toekomst duidelijker worden, zodat IAAS niet verder onder druk komt te staan. Het is voor iedereen onduidelijk van wie de data in een project is, behalve voor het topmanagement. Het wordt aan de projectmanager overgelaten, omdat het laten bestaan van onduidelijkheid over data-eigenaarschap voor sommige respondenten de motivatie negatief beïnvloedt. Dit is echter niet voor iedereen zo.

#### Samenwerking gerelateerde enablers: communicatieproblemen, verandering in personeel, beslissing van meerdere actoren

Communicatieproblemen zijn ervaren door de meeste pilots. Het is echter minder prominent aanwezig in de Noordbrabantse case, waar goede communicatie de enabler was voor het project. De partners in de pilot hebben vanaf het begin de nadruk gelegd op het inzicht dat er van beide kanten flexibiliteit nodig is, dat bereidheid nodig is om tussentijds bij te sturen en dat oplossingen samen kunnen worden geformuleerd als

verantwoordelijkheden worden gedeeld. Sommige communicatieproblemen worden verwacht in elk onbekend disruptief project. Het was niet gedetailleerd in hoeverre deze problemen werden ervaren, maar ze werden gedeeltelijk veroorzaakt door de complexiteit van de projecten, de verscheidenheid van de elementen die in het contract zijn opgenomen en de nieuwe manier van werken die mensen buiten het BAU-scenario duwt. Deze problemen kunnen te wijten zijn aan verschillende andere persoonlijke problemen en kunnen alleen worden opgelost door verbeterde communicatie van het openlijk benoemen van onzekerheden over onderwerpen tot verbeterd projectmanagement en een-op-een communicatie.

IAAS-projecten werden negatief beïnvloed door de personeelwisseling van medewerkers van lager tot hoog niveau die vertrekken en opnieuw worden toegewezen of de organisatie verlaten. Op het lagere en middelste niveau betekent dit dat een nieuwe persoon tijd nodig heeft om het project te leren kennen; vaak moeten projectmanagers (of anderen) de doelen uitleggen, hen motiveren en de noodzaak benadrukken om uit BAU te stappen en creatief te zijn. Hoewel hetzelfde geldt voor de verandering van personeel bij de werknemer op een hoger niveau, kan dit ook betekenen dat de motivator in een kritieke fase is vertrokken, wat IAAS kan stoppen voordat de contractformulering is bereikt. In het leerproces (vooral tijdens de creatieve fasen) kan personeelwisseling een toch al uitdagend project bemoeilijken en de kans op stagnatie vergroten. De personeelwissel kan ook bijdragen aan een langer proces – ook een barrière. Aan de andere kant werd aangegeven dat een verandering van personeel een positieve invloed kan hebben op het project en dus in sommige gevallen kan fungeren als een driver voor IAAS.

Beslissingen met meerdere actoren worden door iedereen als problematisch beschouwd, behalve door de projecteigenaren. Hoewel het positief is dat beslissingen met meerdere actoren slechts als een zwakke barrière wordt gezien, wat betekent dat het de projecten niet substantieel beïnvloedt. Het ligt voor de hand dat dit bij de transitie naar een nieuwe manier van werken een barrière is waar opdrachtnemer en opdrachtgever meer als gelijken worden gezien. De sterkte van deze barrière zal van geval tot geval variëren op basis van de dynamiek van het project, maar zal naar verwachting afnemen met de opgedane ervaring.

*"Ik denk dat samenwerken altijd betere resultaten oplevert, zeker als je complexe doelen en projecten hebt, zoals het circulair maken van infrastructuur. En ik denk dat IAAS bijdraagt aan het bereiken van die circulaire doelen." Jeroen van Wijngaarden, Dura Vermeer*

### 4.3.5 Economische aspecten

#### Transactiekosten

Transactiekosten zijn meestal erg hoog in een nieuw type project wanneer het lange initiële proces wordt verwacht totdat het contract is bereikt. Hoewel ze gedeeltelijk kunnen worden verlicht door de lessen van dit programma, zal het van geval tot geval verschillen. De verwachting is dat een vergelijkbaar project als de huidige pilots lagere transactiekosten zal hebben, vooral als dezelfde opdrachtgever-aannemer voor IAAS blijft. Net als bij het lange proces en de tijd die wordt besteed aan het vinden van de oplossing, worden hogere initiële transactiekosten ervaren in elk innovatieproject, R&D, opschalingsprocedure, etc..

### 4.3.6 Technische aspecten

#### Lange levensduur van het asset, Onzekerheid restwaarde

Deze twee barrières zijn met elkaar verbonden, omdat de restwaarde onzeker is wanneer de levensduur van het asset lang is. Het is moeilijk te voorspellen in welke staat de markt er in de toekomst uit zal zien en hoe de materialen -dus de terugnamewaarde- zullen worden bepaald. Dit vereist verder werk, dat alleen kan voortkomen uit ervaring en tijd. Er wordt echter benadrukt dat assets met een kortere levensduur (zoals verlichting en geleiderails) een lager risico vormen, in vergelijking met wegen of constructies met een levensduur van meer dan 50 jaar.

### 4.3.7 Contextuele aspecten

#### Kennis gerelateerde barrières: Gebrek aan kennis, Kennisoverdracht

Zowel gebrek aan kennis als kennisoverdracht behoren tot de sterkste barrières in het programma. Er waren verschillende redenen waarom gebrek aan kennis een sterk ervaren barrière is. Ten eerste, zoals eerder vermeld, is gebrek aan kennis normaal voor nieuwe en innovatieve projecten en was het in feite de reden waarom het DCW-programma werd gevormd. Toch werd dit in de latere stadia van het programma als een barrière uitgedrukt. Hoewel het vooral wordt veroorzaakt door de onervarenheid van beide partijen, waren er verwachtingen dat de kennis tijdens het programma aanzienlijk zou toenemen. Enkele van de factoren die hieraan bijdroegen waren onduidelijke terminologieën en concepten, gebrek aan duidelijke instructies, gebrek aan voorafgaand deskresearch.

IAAS is echter een nieuw concept en uit de literatuur is weinig bekend. Het verzamelen van kennis vereist het spreken met experts in het veld, waarschijnlijk buiten hun eigen organisatie, met betrekking tot beschikbare technologische oplossingen, onderhoud van



assets, duurzaamheid en mogelijkheden in vraag en aanbod. In plaats van kennis te zoeken, werd gezegd dat van kennis werd verwacht dat deze door anderen onder onduidelijke voorwaarden zou worden geleverd. Vanwege de nieuwheid en de kleine omvang van de projecten was de tijd die aan zelfstudie werd besteed beperkt.

Gebrek aan kennis verwijst ook naar circulair ontwerpen. Er werd echter vermeld dat een vergelijkbaar circulariteitsniveau kan worden bereikt met het traditionele contract, dat vereist dat de klant precies weet wat hij moet vragen, wat niet de huidige stand van de kennis over de markt voor de infrastructuur is.

*"Het is niet noodzakelijkerwijs zo dat IAAS een reconstructie of groot onderhoud aan het infrastructuur betekent. Het betreft wel infrastructuur die zijn functie kan vervullen." Philip ter Laak, Amersfoort*

Hoewel we met de pilots de juiste kennis kunnen ontwikkelen, moeten we er ook voor zorgen dat de kennis goed wordt verdeeld. Kennisoverdracht ontbrak. Dit werd voornamelijk veroorzaakt door het beperkte leerproces als gevolg van de verschillende schema's van de pilots, die niet alleen rekening hielden met verschillende assets, maar zich ook in zeer verschillende fasen van het project bevonden. Het werd ook veroorzaakt door de coronapandemie en beperkte mogelijkheden om elkaar te ontmoeten en ervaringen uit te wisselen op een meer persoonlijke en dynamische manier. Over het algemeen moeten meer voorbeelden van succesfactoren, lessen en hindernissen worden gedeeld tijdens het project en de contractformulering, d.w.z. wachten tot de pilot is voltooid (overgaan naar uitvoering of latere stadia).

**Samenwerking gerelateerde barrières: gebrek aan motivatie, bereidheid om te veranderen**

IAAS is een onbekend concept zonder duidelijke, meetbare voordelen om te laten zien vanwege de nieuwheid ervan. De klanten ervaren onwil om te veranderen vanuit hun interne organisatie vanwege onzekerheid en/of gebrek aan duidelijke voordelen met betrekking tot IAAS. Onzekerheid staat vaak gelijk aan risico's. De klanten gaven uiting aan de constante druk en overtuigingskracht die ze ondergaan met IAAS. Dit programma en dit rapport proberen deze kloof te overbruggen zodat er meer bekend is over het proces. Ook werd onwil om te veranderen verwacht, want hoewel de circulaire economie al tientallen jaren bestaat, werden er weinig veranderingen en circulair denken geïntegreerd met betrekking tot infrastructuur, vooral in de overheidssector. Mensen willen hun gewoontes niet doorbreken. De durf van DCW was om te proberen de normale manier van werken te verstoren om te zien waar het ons zou kunnen brengen. Voor sommige gevallen is dit uitdagender gebleken dan andere. Om na te streven, moet men gemotiveerd zijn en een duidelijke visie hebben, die moeilijk vol te houden is wanneer de processen lang zijn en weerstand van anderen wordt ervaren.

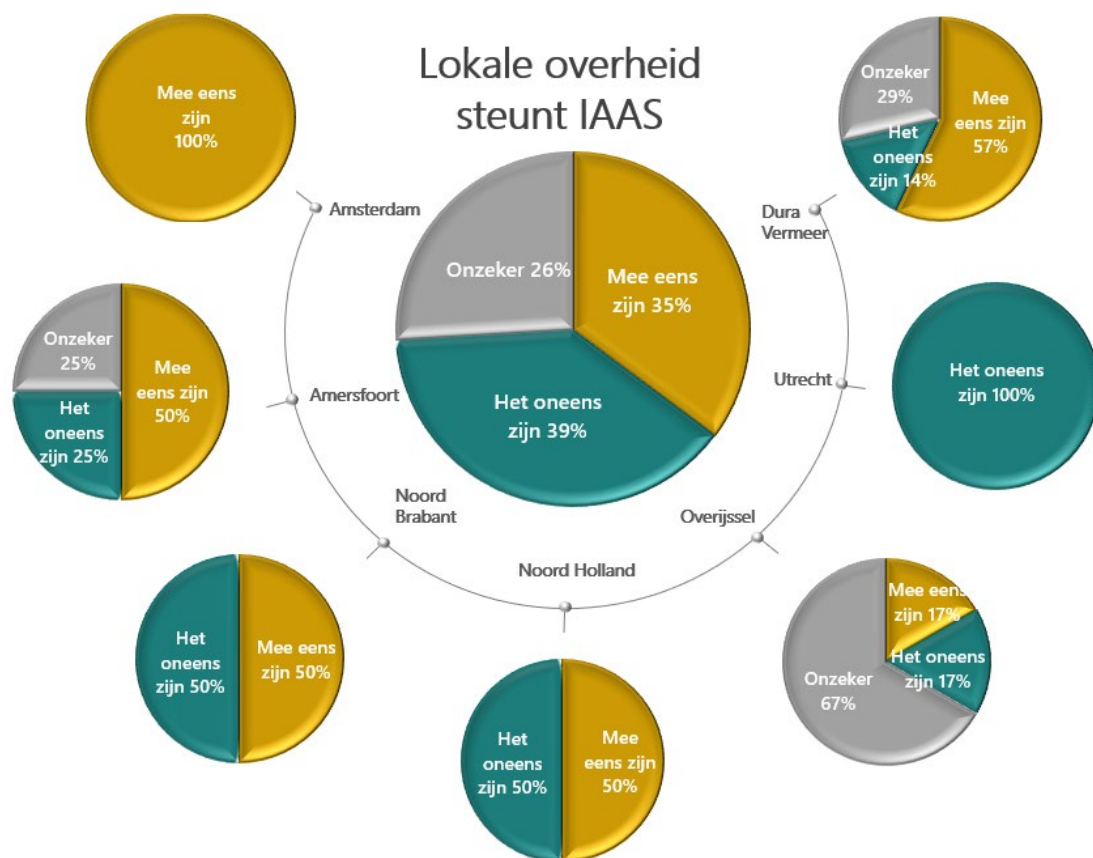
## 4.4 Dissensus

Dissensus omvat twee elementen: 1/3 van de respondenten was onzeker, of belanghebbenden waren bijna gelijk verdeeld in hun antwoorden. Dit laatste betekent dat er een sterke oppositie bestaat waarbij ongeveer hetzelfde aantal respondenten het eens is als oneens over de kwestie. De volgende groepen aspecten tonen dat belanghebbenden beide of een van de criteria voor dissensus hebben: politieke, economische, technische en intra- en interorganisatorische aspecten.

### 4.4.1 Politieke aspecten

#### Ondersteuning door de landelijke en lokale overheid

Ondanks dat DCW de meeste partners als overheid heeft, weet 33% van de stakeholders niet hoe de rijksoverheid zowel de circulaire economie als IAAS ondersteunt. Dit heeft gevolgen voor het zekerheidsniveau voor de financiële steun van de rijksoverheid (bij uitbreiding ook steun vanuit de EU). Ten tijde van het onderzoek en de interviews was dit ook niet duidelijk omdat de focus lag op het naar de uitvoering brengen van pilots.



Figuur 36 Stakeholdergegevens per organisatie met betrekking tot ondersteuning van lokale overheden voor Infrastructure As a Service (IAAS).

Er is inmiddels al meer kennis opgedaan over de overheidssteun en het voornemen is om relevante ondersteuning verder te leveren. Ook bestaat er enige onzekerheid over de ondersteuning door de lokale overheid, zie Figuur 36. De stakeholders zijn over het algemeen verdeeld in hun mening, maar dit is sterk gevalsafhankelijk.

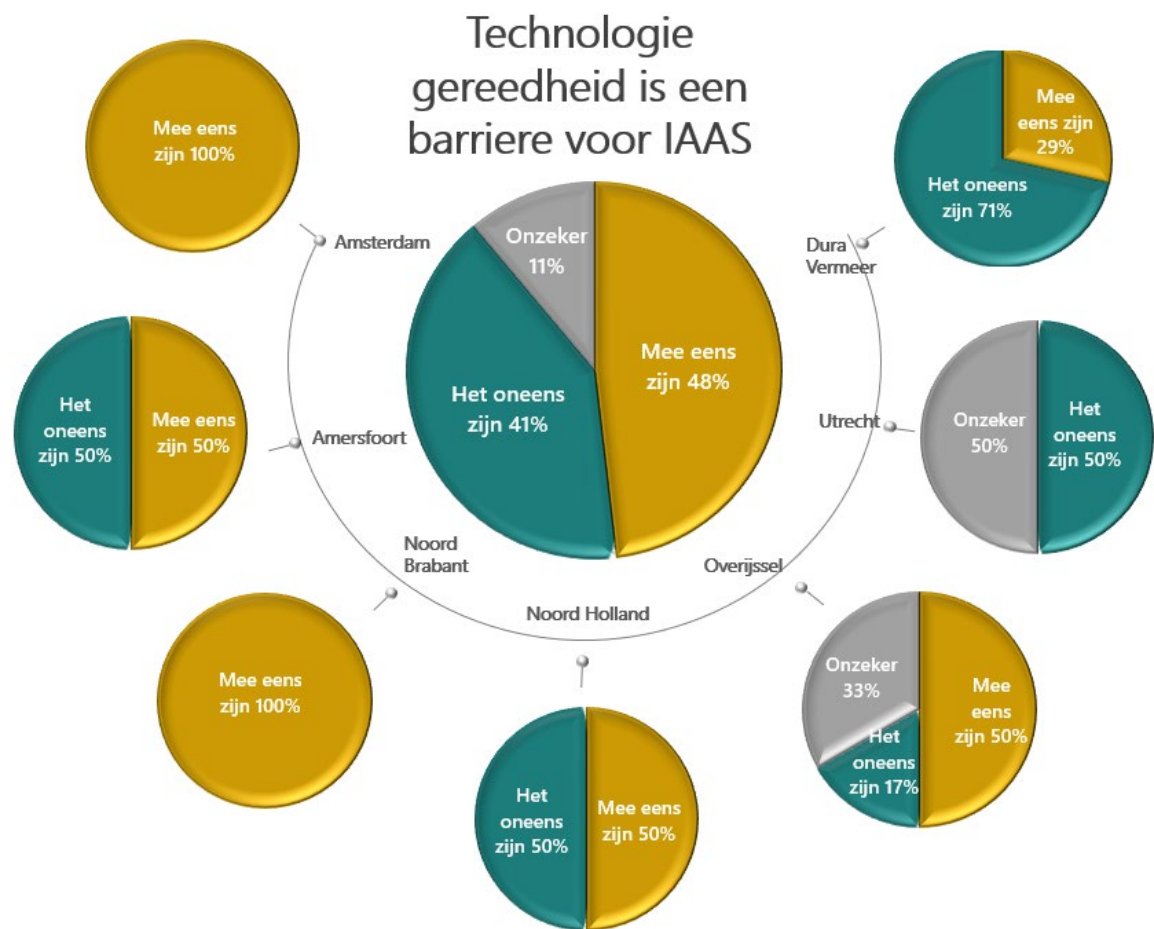
#### 4.4.2 Economische aspecten

Er is veel onzekerheid over financiële kansen, waaronder het aantrekken van middelen voor toekomstige IAAS. Maar liefst 40% van de belanghebbenden weet niet zeker welke financieringsmogelijkheden er zijn voor IAAS en hoe ze deze kunnen aantrekken. Net als bij de vorige paragraaf kan dit ook worden gekoppeld aan het tijdstip waarop het onderzoek en de interviews zijn uitgevoerd. De meeste pilots waren nog bezig met het uitzoeken van de contractspecificaties in de huidige projecten en onderzochten geen toekomstige financieringsmogelijkheden. De verwachting is dat kennis over financiële kansen wordt verspreid en gedeeld, waardoor de onzekerheid over financiële kansen aanzienlijk wordt verminderd.

Ongeveer 30% van de stakeholders uitte onzekerheid over de verenigbaarheid van IAAS met het huidige (lineaire) economische systeem. Zo is de vraag- en aanbodketen nog niet ontwikkeld om de circulaire infrastructuur volledig te realiseren. Onzekerheid over de marktomgeving creëert onzekerheid voor de restwaarde van het asset. Als mensen die deelnemen aan IAAS niet weten of hun inspanningen uitvoerbaar zijn, kan dit hun motivatie en vertrouwen in IAAS verminderen.

#### 4.4.3 Technische aspecten

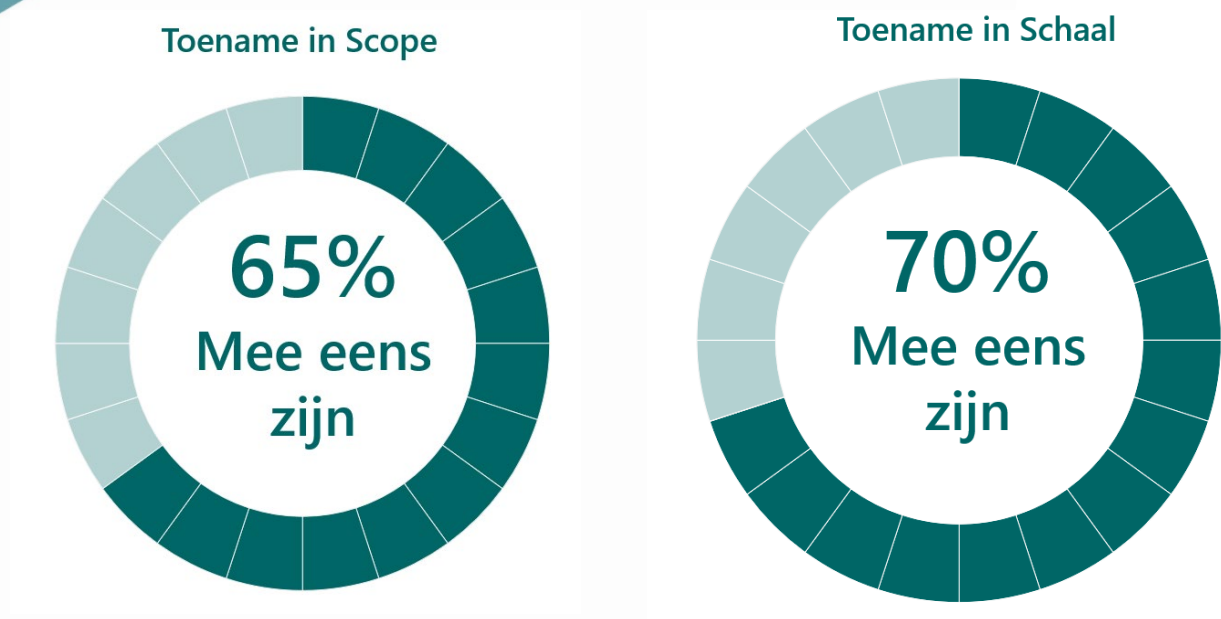
Er is verschil van inzicht onder belanghebbenden over technologiegereedheid, wat sommigen als een barrière beschouwen (Figuur 35). Het zekerheidsniveau met betrekking tot technologie is echter laag (d.w.z. de enquête bevatte een vraag over zekerheid met betrekking tot de groep vragen over technologie). De klant staat enigszins op afstand van de technologie, aangezien de klant geen technologie-expert is. Het advies ging over technologie in het algemeen zonder te specificeren of het state-of-the-art technologie omvat, zoals innovatieve materialen. Figuur 37 toont dat de aannemer, Dura Vermeer, zich geen zorgen maakt over techniek. De technologische oplossing die in de pilot is geïmplementeerd, varieert en klanten hebben verschillende ervaringen, omdat het implementeren van wegverlichting iets anders is dan het aanleggen van een nieuw brugdek of een nieuwe weg.



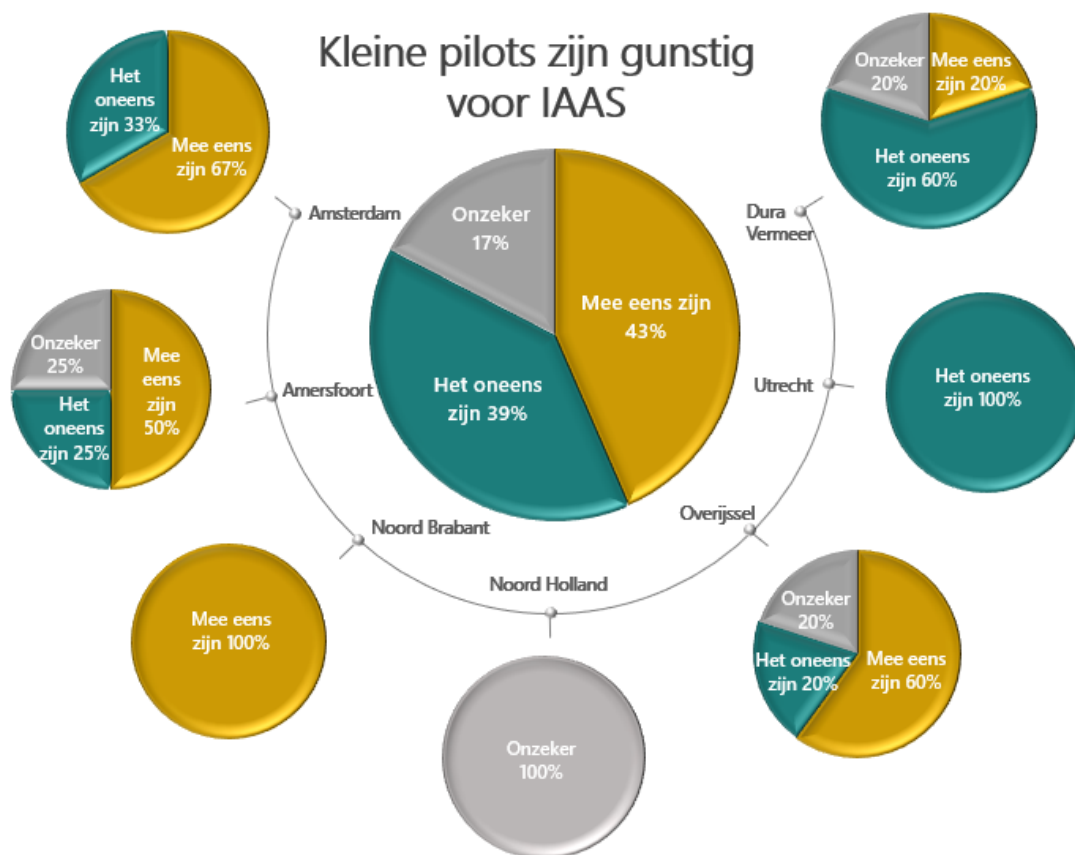
Figuur 37 Technologiegereedheid bekeken door verschillende organisaties. Slechts enkele technologie-experts hebben deel uitgemaakt van het onderzoek, dus deze grafieken vertegenwoordigen de algemene mening van belanghebbenden.

De meerderheid was het erover eens dat het vergroten van de omvang van het contract noodzakelijk is voor de toekomstige IAAS: een langere contractperiode en een vergroting van de reikwijdte (meer objecten van vergelijkbare grootte) en schaal (hetzelfde object met een grotere maat/afstand) te zien in Figuur 38.

Er is echter onenigheid onder de stakeholders over de reikwijdte van de IAAS, zie Figuur 39. Iets meer mensen, 43%, denkt dat meer vergelijkbare pilots nuttig zijn. Op het moment van de analyse was echter slechts één pilot naar de uitvoeringsfase gegaan, daarna verstreek de tijd (Noord-Brabant). De rest van de pilots hadden nog geen uitvoeringsresultaten op de circulariteit, LCC, duidelijkheid van businessmodellen, etc.



Figuur 38 De stakeholderanalyse van het hebben van kleinschalige pilots voor Infrastructure As a Service (IAAS), met details per organisatie: Amsterdam, Amersfoort, Noord Brabant, Noord-Holland, Overijssel, Utrecht voor klanten en Dura Vermeer als aannemer.



Figuur 39 De infrastructuur As a Service behoefte en toename in omvang (meer vergelijkbare grootte objecten), en schaal (grotere schaal / langere afstand). De overeenkomst is gebaseerd op de stakeholderanalyse.

#### 4.4.4 Intra-organisatorische aspecten

Tot 39% van de belanghebbenden weet niet zeker of de interne verandering plaatsvindt. Er is gezegd dat interne verandering binnen de organisatie, met name de overheidsinstanties voor een marktverandering naar CE. Hoewel belanghebbenden niet zeker weten of de interne verandering plaatsvindt, werd deze ook geïdentificeerd als een belemmering om IAAS te bereiken (zie meer in de sectie Barrière). Het is duidelijk dat interne verandering een aandachtspunt moet zijn, aangezien dit van cruciaal belang is voor CE, aangezien heroverweging en verandering van de BAU van vitaal belang zijn om de circulaire industrie en samenleving te bereiken. 37% van de belanghebbenden weet niet zeker of er sprake is van een passende verantwoordelijkheid en stroomverdeling. Dit moet duidelijker worden gedefinieerd, omdat een gebrek daaraan kan leiden tot wantrouwen bij de partners, zowel binnen als tussen de organisaties.

# Aanbevelingen en conclusies

## 5. Aanbevelingen

### 5.1 Voorwaarden voor circulariteit met IAAS

Dit onderzoek stelt de vraag: *Onder welke voorwaarden leidt het toegepaste As a Service-model op infrastructuur wel of niet tot een hoger niveau van circulariteit en lagere of gelijke levenscycluskosten?*

Om deze vraag te beantwoorden hebben we zeven pilots gevolgd en geëvalueerd die met IAAS in de praktijk experimenteerden bij gemeenten Amersfoort, Utrecht en Amsterdam, en bij provincies Overijssel, Noord-Holland en Noord-Brabant. We keken naar het As-a-Service niveau, de mate van circulariteit en de mate van de kosten. Daarnaast schetsten we ook de onderliggende omstandigheden waarbinnen de pilots zijn uitgevoerd, zoals de organisatorische, financiële en technische overeenkomsten en verschillen.

Op hoofdlijnen kunnen we concluderen, dat iedere pilot een uniek set omstandigheden had, en dat zij ieder een eigen pad hebben bewandeld met het As-a-Service. Dit toont het belang van de contextuele voorwaarden aan voor het opstellen van een succesvol model. Deze voorwaarden hebben we aangetroffen in de patronen die we hebben ontdekt in de gegevens uit deze pilots.

De niveaus van de As a Service-modellen liggen redelijk dicht bij elkaar voor alle pilots, met de mediaan overwegend veel tussen functioneel effecten specificeren (FL1) en functionele oplossingen specificeren (FL2). Ook blijkt Utrecht Croeselaan, als enige niet-AAS, een hoog niveau te hebben (te weten: FL1). De voorwaarde lijkt daarom minder onderscheidend te zijn op het niveau van IAAS ansich. Het lijkt meer te maken te hebben met de directionaliteit, ofwel richting, die een opdrachtgever meegeeft aan het project. Een hogere mate van directionaliteit zie je bijvoorbeeld in Utrecht met een uitgesproken sturing op duurzaamheid, zonder een AAS-werkmodel, maar met veel vrijheid voor de aannemer om voorstellen te doen in de gestelde richting. Een hoge mate van directionaliteit zie je ook bij het AAS-model, zoals Overijssel, met een sterke sturing op duurzaamheid als rode draad binnen een traditionele opdracht. Over het algemeen is bij AAS-modellen, met minder prominent directionaliteit, te zien dat er richting wordt gegeven in (deels) waardeproposities in duurzaamheid en in een vrij brede reeks vraagitems, met onder andere: veiligheid en onderhoud als onderwerpen.

De initiatiefverdeling van circulariteit leidde bij kleine AAS-opdrachten (PNH, Amersfoort en PNB) met minder instructies door de opdrachtgever tot meer ongevraagd initiatief door de aannemer. Dit leidt echter niet per se tot betere of meer circulariteit. Echter, de



opdrachtnemer lijkt wel meer initiatief te nemen op onderdelen van de opdracht waar het in eerste instantie helemaal niet aan de orde is of gevraagd wordt. De aannemer trekt circulaire initiatieven bij een AAS-model met minder directionaliteit dus breder. Ongevraagde initiatieven kunnen hiermee dus vaker voorkomen. Ze kunnen door lage directionaliteit een katalysator worden vanuit de markt om neer circulariteit in hun werkzaamheden op te pakken. Daarnaast, zien we dat verregaand samen maatregelen definiëren een zeer effectief model geven (pilot PNB).

De materiaal circulariteit lijkt over het algemeen toe te nemen bij de gemeten AAS-pilots in vergelijking tot de referentieprojecten. Het is echter wel duidelijk dat lage R-strategieën (bijv. recycling) de kans op onbruikbaar afval vergroten (door verwerking), en daarmee een lagere MCI score, wel groter maakt (bijv. Amersfoort brugdek). AAS lijkt een hogere MCI te genereren bij kleine en omliggende pilots en tevens de referentieprojecten, met name bij Amersfoort en PNH. De omstandigheden lijken met kleine opdrachten overzichtelijk genoeg voor een opdrachtnemer om een omliggende dienst te optimaliseren. Grotere opdrachten lijken een lagere MCI te hebben, ongeacht IAAS of niet, maar kunnen ook grotere winsten pakken bij gerichte klanteisen. Hier moet echter wel bij opgemerkt worden dat de accuratesse van MCI gegevens nog met een ruime bandbreedte en aannames moet worden genomen, gezien de data nog veel volwassener en transparanter dienen te worden.

De milieukosten lijken in alle pilots te reduceren bij het volgen van IAAS. Daar zit verder ook niet echt een afwijking tussen. Een mogelijke verklaring voor de vrij gelijke kans voor MKI reductie, komt doordat de MKI al een vrij goed bekend en praktisch instrument is voor aannemers. Dit maakt dat de aannemer de instrumenten voor MKI goed kunnen gebruiken en daarmee de MKI parameters goed kunnen worden geoptimaliseerd ten opzichte van een referentieproject. Hier moet echter wel bij opgemerkt worden dat de accuratesse van MKI gegevens nog met een ruime bandbreedte en aannames moet worden genomen, gezien de data nog veel volwassener en transparanter dienen te worden.

Bij de netto contante waarden zien we een gemixt beeld van toenames (Provincie Noord-Brabant en Overijssel) en afnames (Gemeente Amersfoort en Noord-Holland) ten opzichte van niet-IAAS referenties. De verandering in scores hangt heel erg af van de geplande interventies aan de voorkant van het As a Service contract. Een toename kan komen door het toevoegen van nieuwe functies aan een asset (zoals dynamisch dimlicht in het geval van Noord-Brabant) ten opzichte van de traditionele start van het contract (referentie). Echter, daar waar een gelijke functie wordt behouden (bijv. bij de fietsbrugdek van gemeente Amersfoort), of een interventie in zowel de pilot als een referentie noodzakelijk is (bijv. bij de geleiderail van Noord-Holland), zullen de scores minder heftig wijzigen, of bij efficiënte invulling zelfs dalen. Het laat zien dat de initiële

waarde afhangt van de waardepropositie die wordt ingebracht. De mate van circulariteit zal zich moeten bewijzen in de twee niet meegenomen indicatoren van waardeverlies en behoud over tijd.

De levenscycluskosten van AAS-modellen zijn in de meeste gevallen lager dan de niet-AAS referenties, met uitzondering van PNB. Dit komt doordat deze pilot ook een grote investering omvat in het begin van de opdracht (de plaatsing van dimbare verlichting). Dit maakt dat de totale kosten dus ook hoger uitpakken. Het hoeft echter niet te betekenen dat de circulariteit daarmee slechter wordt. Integendeel, de gemaakte investering kan op de langere termijn hogere circulariteit en lagere kosten betekenen. Het toont daarom met name aan dat AAS zowel circulariteit bevordert en levenscycluskosten voor een deel kan reduceren. Het hangt echter af van de realisatiekosten aan het begin, in hoeverre de kosten hoger of lager zullen uitvallen.

Gezien sommige AAS-modellen een voorafgaande investering vereisen, betekent dat niet iedere AAS vanuit hetzelfde startpunt vertrekken. De financieringsbehoefte is daarmee afhankelijk van de beoogde kosten. Ten eerste, kunnen kleinere projecten waarschijnlijk gefinancierd worden zonder problemen door de aannemer en opdrachtgever direct. Ten tweede, zodra er een grote investering moet gebeuren, dan komt projectfinanciering als een geschikte werkwijze om de hoek. Projectfinanciering zal echter nog wel moeten letten op het managen van risico's en het opstellen van een joint venture. Ten laatste, zodra een consortium van bedrijven korte lijntjes kan houden tijdens de realisatie en onderhoud van een asset, dan kan leasing interessant zijn. In essentie, moeten partijen voor ieder van deze vormen een gezamenlijk risicoprofiel opstellen en een manier vinden om deze gezamenlijk te dragen.

De stakeholder analyse toont ook dat IAAS bij de stakeholders een aantrekkelijke werkwijze is. Een aantal enablers werken in het voordeel daarvan. IAAS heeft echter wel barrières bij de implementatie. Onder andere zijn het niveau van kennis bij uitvoer en bij besluitvormers duidelijke belemmeringen. Het rapport geeft aanbevelingen op basis van de stakeholderanalyse.

## 5.2 Van een barrière naar een oplossing

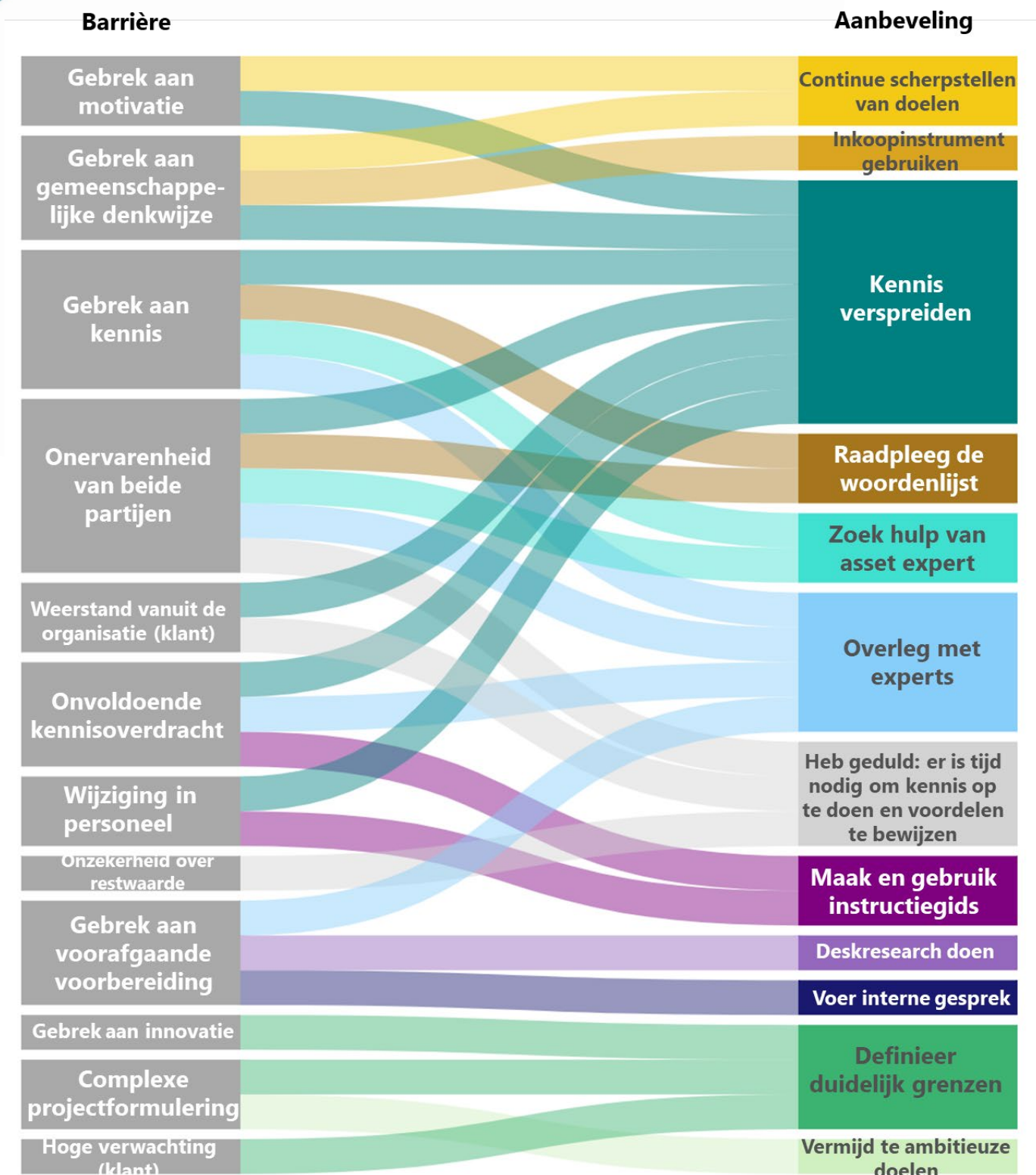
In de vorige sectie hebben we de barrières getoond die door de stakeholder zijn geïdentificeerd. Hier willen we een oplossing voorstellen (genoemd door deelnemers) voor deze barrières. Dit gedeelte geeft de samenvatting weer van de aanbevelingen die zijn gevonden in de enquête en interviews en gesprekken met de experts. De samensmelting van de oplossingen voor de geïdentificeerde barrières is weergegeven in onderstaand schema (Figuur 40).

### Vergroten van kennis, begrip en kennisoverdracht

In het algemeen werd genoemd dat "de juiste mensen" nodig zijn. Bij elk soort project dat duurzamer wil worden, zijn de juiste mensen nodig. Meer duidelijkheid over kennis, voorbeelden en boeiende activiteiten kan echter helpen om de aarzelende motivatie in evenwicht te brengen.

Enkele oplossingen voor het wegzakken van kennis zijn opgenomen in dit rapport en een rapport opgesteld door Sweco (Sweco, 2022). We raden verder aan dat er een verklarend document wordt gevormd en altijd online beschikbaar is, zodat alle termen en terminologieën toegankelijk gedocumenteerd staan. Het wordt aanbevolen om de succesfactoren, lessen en hindernissen te delen tijdens de eerdere fasen van de pilots (na de eerste gesprekken, maar vóór de definitieve contractformulering). Bovendien moet er meer toegespitste informatie worden gedeeld, zowel *voordat* het project begint als *tijdens* het project. Er werd aanbevolen dat de klant zich beter voorbereidde op IAAS, ten eerste door zich vertrouwd te maken met de concepten, waaronder het praten met de expert binnen of buiten de eigen organisatie, en ten tweede door intern enige voorbereiding te treffen om het belangrijkste personeel te laten weten waarom een dergelijk project wordt overwogen / zal worden uitgevoerd.

Over het algemeen, voor IAAS om te verbeteren en voor elke organisatie om meer kennis te verzamelen (zonder welke de juiste oplossing niet kan worden geïdentificeerd), wordt het aanbevolen om met meer experts in contact te komen, van technologie, vermogensbeheer, onderhoud tot duurzaamheid en experts op het gebied van vraag en aanbod. Dit helpt ook om het proces te verkorten, omdat meer informatie het duidelijker maakt wat mogelijk is om te bereiken en welke tijd het kost en hoe het later kan worden geïntegreerd. Hoewel niet kan worden verwacht dat uitgebreide individuele studie plaatsvindt, moet de vertrouwdheid van de concepten (bijv. As a Service en circulariteit) voor iedereen duidelijk zijn om de ruimte voor communicatie en leren te openen



Figuur 40 Sankey diagram voor barrière voor oplossing volgens de stakeholderanalyse

## De procedures wijzigen en systeemverandering leiden

Het doel van IAAS was de evolutie van business as usual van lineair naar circulair, waarbij de aanpak van het werk niet alleen de recycling en herbruikbaarheid van materialen in hun input en output verhoogt. Door de nieuwheid van het IAAS proces en de kleine omvang van de projecten zijn deze echter vaak geen prioriteit en dreigen ze buitenspel te worden gezet.

Het komt erop neer dat je "niet te veel ambities op elkaar kunt 'stapelen' voor eerste ervaringen met IAAS. Dit betekent dat er slechts zo veel 'trappen' als nu kunnen worden beklommen om tot een contract te komen. Na meer ervaring met IAAS of soortgelijke projecten kunnen er meer elementen aan het contract worden toegevoegd. Dit kan ook helpen bij het identificeren van oplossingen en noodzakelijke veranderingen buiten IAAS voor de markt in het algemeen. IAAS kan dus fungeren als een trigger voor de marktverandering, omdat de opgedane kennis en ervaring helpen om te bepalen *wat er moet veranderen* en zelfs *in welke volgorde* het moet veranderen.

We weten bijvoorbeeld dat onwil om te veranderen en weerstand van de eigen organisatie prominenter aanwezig is in de overheidsinstanties. Deze kleine pilots helpen om uit te kristalliseren waar in de organisatie de push-back wordt ervaren, wat deze afdelingen nodig hebben bij hun aanpassing aan As-a-Service modellen en projecten, en welke afdelingen (met de juiste mindset/doelen) de beslissingsbevoegdheid missen om deze veranderingen door te voeren. Velen zijn van mening dat de tijd moet verstrijken, wat niet alleen zal helpen om meer gewend te raken aan het idee van complexe en disruptieve projecten, maar ook om de voordelen zichtbaar te maken. Bedrijfsmodellen zijn nog niet duidelijk. Daarnaast zijn de voordelen die worden geleverd door onderhoud en de uitgaven daarvan, pas echt duidelijk nadat ze zijn uitgevoerd (ex post).

Het hebben van eenvoudigere projecten met minder technisch elementen vertegenwoordigt nu minder risico's. Meer technische elementen kunnen aan het contract worden toegevoegd zodra er meer zekerheid is met IAAS en een nieuwe manier van werken vertrouwd wordt.

Ook is vastgesteld dat restwaarde verder onderzoek nodig heeft in de Nederlandse praktijk naar circulair bouwen. Door de lange levensduur van de infrastructuur is er onzekerheid over de hoeveelheid materialen die beschikbaar is voor hergebruik en recycling aan het einde van de levensduur en nog meer onzekerheid over de prijs van deze materialen.

Verder moeten het aanbestedingsrecht en de huidige standaarden nader worden bekeken, omdat ze niet alleen beperkend kunnen zijn voor IAAS, maar ook voor het creëren van een circulair duurzaam systeem. Voor IAAS zijn langere contracten nodig en

tegelijkertijd moet de IAAS zelf aanbesteedbaar worden. Hier moeten onderhoudsdeskundigen worden geraadpleegd om de minimale contractduur voor het bedrijfsmiddel te bepalen met de mogelijkheid van verlenging. Zonder dit kunnen de voordelen niet bekend worden, omdat er weinig tot geen onderhoud plaatsvindt gedurende het korte contract van meerdere jaren. Zoals blijkt uit het IAAS-framework dat in dit rapport wordt weergegeven, is onderhoud een integraal onderdeel van IAAS. Een relevante opmerking die is gemaakt door een van de respondenten is: *"De overheid gaat van bouwen naar onderhoud en daar moeten we ons op aanpassen."*

### Duidelijke grenzen

Met betrekking tot de oplossing voor het wegzakken van innovatie, zoals weergegeven in Figuur 40 (Sankey-diagram), is het specificeren van grenzen vooral dat *de klant* duidelijk is over wat er is opgenomen in de verwachte innovatie (proces, contract, communicatie, materialen); en dat *de aannemer* duidelijk moet zijn over wat kan worden geïnnoveerd (leg uit wat wel en niet kan worden geïnnoveerd, vooral met betrekking tot technologie en gebruikte materialen). Als de klant innovatieve hergebruikte of gerecyclede materialen wil laten opnemen, moet hij zich ervan bewust zijn of dat mogelijk is. Allereerst laten de veiligheidsnormen dat misschien niet toe (biobased materialen voor geleiderails moeten bijvoorbeeld eerst worden getest, wat een kostbaar proces is). Ten tweede kan het een ander niveau van complexiteit aan het project toevoegen. Omdat de IAAS-projecten echter gericht zijn op innovatie en circulariteit, maken nieuwe en biobased materialen deel uit van de vergelijking. Gesuggereerd werd om dergelijke beslissingen samen te nemen door opdrachtnemer en opdrachtgever en niet vooraf door opdrachtgever, zeker in de situatie waarin het kennisniveau mogelijk beperkt is of de informatie verouderd kan zijn. Ook is het aan te raden om in een vroeg stadium eerst marktconsultatie, en marktonderzoek te doen en een duurzaamheidsexpert (of ingenieur) in te schakelen. Tot slot, om een businesscase te maken, moet een kostenanalyse deel uitmaken van de analyse (bijvoorbeeld onderzoeken of er vooraf kosten voor testen zijn en of deze kunnen worden gecompenseerd tijdens de levenscyclus van het product).

Verdere aanbevelingen op basis van de stakeholderanalyse voor de IAAS zijn:

### **Contract**

- Minder focus op techniek en meer op functionaliteit (verschuiving van materiële zaken naar functionaliteitszaken)
- Beveiliging en stabiliteit op de reikwijdte - moet worden bepaald na de eerste verkenningsfase en daarna niet ingrijpend worden gewijzigd na
- Praat vanaf in het begin over complexiteit
- Stapel niet te veel ambities op elkaar
- Betrek onderhoudsexperts en vermogensbeheerteam
- Een light-versie van het contract om het werk te versnellen
- Een kortere levensduur van het asset is minder risicovol voor IAAS
- Bereken niet te veel alternatieven
- Bonus/malus op duurzaamheid
- Uitbreiding van het toepassingsgebied
- De schaal vergroten
- Langere contractduur
- Gemakkelijker wanneer IAAS-assets zich op andere assets van de overheid bevinden
- Eenvoudige/directe oplossing
- Minder externe factoren

### **Interorganisatorische aspecten**

- Breng experts vroeg aan boord
- Neem de tijd om de projectdetails aan experts uit te leggen
- Evalueer per geval of contractmanagers vroeg of laat moeten worden ingeschakeld
- Juridisch adviseurs bij elkaar brengen
- Eerder delen van tussentijdse resultaten/ervaringen

### **Intra-organisatorische aspecten**

- Systemisch rapport voor voorbereiding en organisatie
- Informatie delen binnen de organisatie
- Duidelijke instructies

### **Aannemer**

- Wees duidelijk over marktkansen
- Lijst met geschikte assets/objecten
- Verandering in managementstijl (opdrachtnemer-opdrachtgever) 1. Procesgericht 2. Voortgangsgericht

Om het proces te versnellen, transactiekosten te verlagen en een hogere effectiviteit te bereiken, werd aanbevolen om de managementstijl van de opdrachtnemer om te schakelen naar communicatie met de klant. De beginfase van IAAS is door de creatieve energie van het proces (inclusief bouwteam) goed geschikt voor de proces gestuurde stijl van leidinggeven. Nadat de afspraken over de hoofdlijnen van het contract zijn gemaakt, past een meer voortgangsgestuurde stijl van leidinggeven beter. Deze informatie is ook relevant om te weten voor de klant, want wanneer de verandering plaatsvindt, moet deze zich ervan bewust zijn dat de overstap belangrijk is om snellere feedback en directe beslissingen te nemen om tot het definitieve contract te komen.

### **Cliënt**

- Meer inzet nodig
- Aanpassen aan complexe projecten
- Voorafgaande voorbereiding vereist: bekendheid met concepten
- Zorg voor een goed team (vernieuwers en gemotiveerde mensen binnen je eigen team)
- IAAS gebruiken als transitie financieringssysteem

Een ander mooi aspect van IAAS is het vermogen om te functioneren als een overgangsfinitieringssysteem voor de klant (lokale overheid). IAAS en circulaire projecten zijn mogelijk met traditionele contracten, maar op grotere schaal vraagt dit juist om extra middelen, zoals het inhuren van extra personeel. Een maandelijks bedrag is beter en het is voor finance makkelijker om over te stappen van het oude naar het nieuwe systeem. Single assets hebben vaak kleinere budgetten, waardoor het meer duurzame en circulaire systeem vanwege financiële beperkingen niet kan. IAAS maakt de overgang naar de nieuwe manier van werken mogelijk omdat het gebaseerd is op een vergoeding over een langere periode.

Daarnaast werd geadviseerd gebruik te maken van externe financiering. Overheden kunnen geld lenen tegen een aanzienlijk gereduceerd tarief, in tegenstelling tot de aannemer. Dit behoeft nadere aandacht om de mogelijkheid van de gemeente als financier te verkennen.

### **Ander**

- Procesaangebesteding maken
- Duidelijke ecologische en maatschappelijke waarde
- Doorgaan met het triggeren van de marktverandering
- Houd in gedachten: onzekerheid zal na verloop van tijd afnemen



## Specificaties van de assetaanbeveling

- Levensduur- korter (ongeveer 35 jaar is minder riskant, een weg met 100 jaar is risicovoller vanwege onzekerheid van de toekomstige markt die druk uitoefent op de juiste contractformulering)
- Elementen - directe technologische oplossing met minder elementen
- Technologie gebruiken dat reeds bewezen materialen en elementen (bijv. LED voor verlichtingsarmaturen, bijv. reeds gebruikt asfaltmengsel...)
- Minder externe factoren – woonwijken zijn lastiger
- Locatie - Eenvoudiger wanneer IAAS-assets zich op andere overheidsassets bevinden (bijv. verlichting als IAAS op de weg die eigendom is van de overheid, de brug aan beide zijden verbonden met grond/weg in overheidsbezit, elektronische systemen in/op bruggen op de brug in overheidsbezit – vooral voor de beweegbare bruggen over de grachten)

### 5.3 10-stappengids

Samenvattend zijn er tien enablers en aanbevelingen die moeten worden gecultiveerd in de samenwerking omdat ze een bijzondere invloed hebben op het IAAS-model, box X.

1. **Vertrouwen** binnen elke organisatie, maar ook in de relatie opdrachtgever-opdrachtnemer
2. **Motivatie** moet worden gehandhaafd gedurende de hele formulering van het project (of op zijn minst tot de uitvoering). Gebruik continue doelherinneringen en wanneer motivatie ontbreekt, gebruik dan de juiste instructies en kennisverspreiding.
3. **Transparantie**. Deel je doelen, maar ook je zorgen en interne strijd. Wees duidelijk over de grenzen van het project (opdrachtgever: nieuwe materialen? De nieuwe manier van samenwerken? Biodiversiteit geïntegreerd? Social return geïntegreerd? ; aannemer: wees duidelijk over wat haalbaar is, bijvoorbeeld veiligheidsnormen kunnen de mogelijkheid van gebruik van de nieuwe innovatieve materialen beperken.) Als je niet zeker weet wat er in het toepassingsgebied kan zitten, gebruik je de inkooptool (momenteel in ontwikkeling).
4. **Dynamische vroege betrokkenheid**. Dit kan omvatten, maar is niet beperkt tot, bouwteamsamenwerking. Creëer een ruimte waar ideeën kunnen worden uitgewisseld.
5. **Ga in gesprek met experts uit het veld**. Dit moet in een vroeg stadium gebeuren. Ook wanneer experts, zowel intern als extern, worden opgenomen, neem dan de tijd om het project uit te leggen.
6. **Goede kennisverspreiding**. Zowel intern als tussen de organisaties moet kennis worden gedeeld en tijd worden besteed aan het voorbereiden van materialen, presentaties en sessies.
7. **Schakel over van proces- naar voortganggericht management**. Na de eerste creatieve periode moet vooruitgang worden geboekt met deadlines en definitieve beslissingen om over te gaan naar het definitieve contract.
8. **Verminder de complexiteit**. Als je moeite hebt met het formuleren van het contract, verminder dan de complexiteit. Kunnen we iets buiten de scope halen?
9. **Houd contact met je team**. Zorg ervoor dat het project niet buitenspel wordt gezet.
10. **Je maakt deel uit van de mindsetverandering**. Herinner jezelf en je organisatie eraan dat het doel is om bij te dragen aan de verandering van het systeem en dat top R-strategieën zoals heroverweging nodig zijn. Omarm de complexiteit van het project, die gepaard gaat met de overgang van een lijn (lineaire economie) naar een cirkel (circulaire economie = heroverwegen, hervormen, de cirkel sluiten).

## 5.4 De Rondweg 2.0/Verder onderzoek

De Circulaire Weg formeert een tweede studie ronde. Voor deze studie ronde zijn een aantal zaken van belang.

Ten eerste moeten de empirische gegevens opgehaald blijven worden zodra de DCW 1.0 pilots overgaan tot uitvoering in de komende maanden. Dit stelt ons in staat om het onderzoek ook voort te zetten met deze pilots, en meer te leren van de daadwerkelijke circulariteitsgegevens van IAAS.

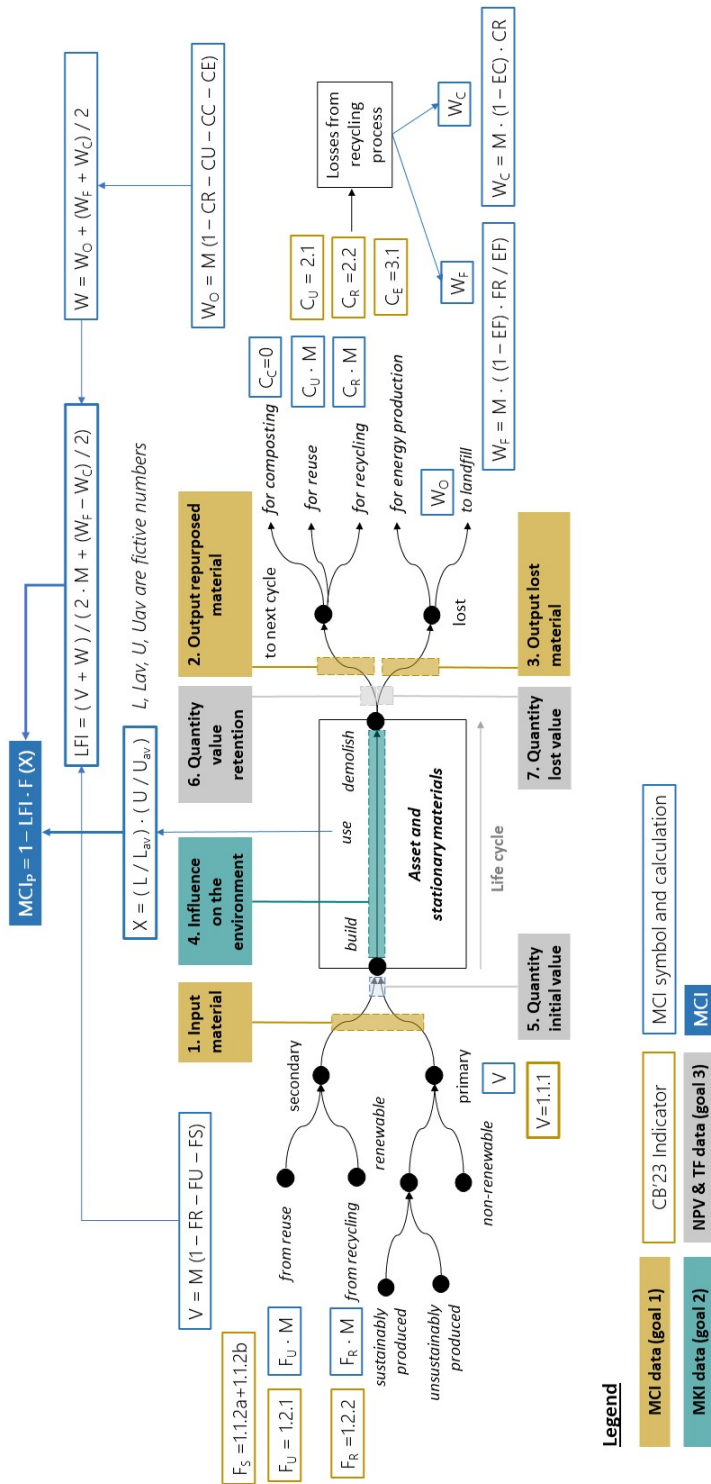
Ten tweede is duidelijk gebleken in de studie dat het meten van circulariteit afhankelijk is van publiek toegankelijke data, alsmede private data (producentenverklaringen). Er zijn echter een paar hiaten die getackeld moeten worden voor een betere bewijslast voor circulariteit. De MCI-methode is momenteel product georiënteerd, en zou kunnen worden verfijnd tot een berekening die relevant is voor de infrabouw. Er zijn ook database problemen met MCI en MKI. Dit betekent dat we actiegericht onderzoek moeten doen om in het veld aan de accurate data te komen. Er is ook een fundamentele heroverweging nodig op het concept 'waarde'. In dit onderzoek hebben we bijvoorbeeld dit concept niet kunnen operationaliseren, wegens een gebrek aan consensus, en de detail complexiteit erachter. Met name is er behoefte aan fundamenteel onderzoek naar berekeningen op het vlak van waarde behoud en restwaarde in de context van een circulaire economie.

Ten laatste is het duidelijk gebleken dat opdrachtgevers betere sturing willen krijgen over hoe ze het gedrag van de aannemer goed kunnen beïnvloeden. Het is daarom belangrijk om de mate te bepalen van sturing op circulariteit, met name de sturing op bewijslast en vrijheid van aannemers, in relatie tot financieringswijze en samenwerkingsstrategie. Dit moet uiteindelijk leiden in het volgende programma tot reproduceerbare IAAS-modellen voor toegespitste aanbestedingsopdrachten en ontwerpmethoden die dit helpen begeleiden voor alle partijen. Een interessant wetenschappelijke opdracht hierin schuilt achter de relatie die IAAS kan hebben met circulaire missies en transities in de bouw.

# Annex en Verwijzingen

# Annex 1

De volgende tabel en MCI-specificaties in de figuur zijn gebaseerd Ellen MacArthur Foundation (2019), terwijl de aanduiding van CB'23 gebaseerd is op Platform CB'23 (2020). De tabel is uitgelegd in het Engels.



Symbol	Definition	Cb23 or calculation
$C_C$	Fraction of mass of a product being collected to go into a composting process	0 for all IAAS pilots
$C_E$	Fraction of mass of a product being collected for energy recovery where the material satisfies the requirements for inclusion.	Indicator 3.1 The quantity of end-of-life materials used for energy production
$C_R$	Fraction of mass of a product being collected to go into a recycling process	Indicator 2.2 The quantity of end-of-life materials available for recycling
$C_U$	Fraction of mass of a product going into component reuse	Indicator 2.1 The quantity of end-of-life materials available for reuse
$E_C$	Efficiency of the recycling process used for the portion of a product collected for recycling	Assumed 0
$E_F$	Efficiency of the recycling process used to produce recycled feedstock for a product	Assumed 0
$F(X)$	Utility factor built as a function of the utility X of a product	$X = (L / L_{av}) \times (U / U_{av})$
$F_R$	Fraction of mass of a product's feedstock from recycled sources	Indicator 1.2.2 The quantity of secondary materials from recycling
$F_S$	Fraction of a product's biological feedstock from Sustained Production. Biological material that is recycled or reused is captured as recycled or reused material, not biological feedstock	Indicator 1.1.2a The quantity of sustainably produced, renewable primary materials and Indicator 1.1.2b The quantity of unsustainably produced, renewable primary materials
$F_U$	Fraction of mass of a product's feedstock from reused sources Fraction	Indicator 1.2.1 The quantity of secondary materials from reuse
$L$	Actual average lifetime of a product	Chosen as 10
$L_{av}$	Average lifetime of an industry-average product of the same type	Chosen as 10
LFI	Linear Flow Index	$LFI = (V + W) / (2 \times M + (WF - WC) / 2)$
$M$	Mass of a product Fraction	
$MCI_P$	Material Circularity Indicator of a product	$MCI = 1 - LFI \times (F(X))$
$U$	Actual average number of functional units achieved during the use phase of a product	Chosen as 1
$U_{av}$	Average number of functional units achieved during the use phase of an industry- average product of the same type	Chosen as 1
$V$	Material that is not from reuse, recycling or, for the purposes of this methodology, biological materials from Sustained Production.	Indicator 1.1.1 The quantity of non-renewable primary materials

		$V = M (1 - FR - FU - FS)$
W	Mass of unrecoverable waste associated with a product	$W = WO + (WF + WC) / 2$
W <sub>O</sub>	Mass of unrecoverable waste through a product's material going into landfill, waste to energy and any other type of process where the materials are no longer recoverable	$WO = M (1 - CR - CU - CC - CE)$
W <sub>C</sub>	Mass of unrecoverable waste generated in the process of recycling parts of a product	$WC = M \times (1 - EC) \times CR$
W <sub>F</sub>	Mass of unrecoverable waste generated when producing recycled feedstock for a product	$WF = M ((1 - EF) \times FR / EF)$

## Verwijzingen

Bacudio, L.R., Benjamin, M.F.D., Eusebio, R.C.P., Holaysan, S.A.K., Promentilla, M.A.B., Yu, K.D.S., Aviso, K.B., 2016. Analyzing barriers to implementing industrial symbiosis networks using DEMATEL. *Sustain. Prod. Consum.* 7, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2016.03.001>

Bocken, N., Boons, F., Baldassarre, B., 2018. Sustainable business model experimentation by understanding ecologies of business models. *J. cle* 208, 1498–1512. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.159>

Conniff, R., 2018. Greenwashed Timber: How Sustainable Forest Certification Has Failed - Yale E360. *Yale Environ.* 360.

Domenech, T., Bleischwitz, R., Doranova, A., Panayotopoulos, D., Roman, L., 2019. Mapping Industrial Symbiosis Development in Europe\_ typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the Circular Economy. *Resour. Conserv. Recycl.* 141, 76–98. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.016>

Ellen MacArthur Foundation, 2022. Material Circularity Indicator (MCI) [WWW Document]. URL <https://ellenmacarthurfoundation.org/material-circularity-indicator> (accessed 4.3.22).

Ellen MacArthur Foundation, 2019. Circularity-Indicators An approach to Measuring Circularity. Methodology.

Emission factors nl, 2022. List of emission factors | CO2 emission factors [WWW Document]. URL <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijt-emissiefactoren/> (accessed 4.5.22).

Forest Stewardship Council, 2022. Home Page | Forest Stewardship Council [WWW Document]. URL <https://fsc.org/en> (accessed 3.30.22).

Huizing, D., 2019. Towards Circular Economy by Incorporating Product-Service System in

Infrastructure Projects: Developing a model that provides insight into the application of PSS characteristics in the project lifecycle of infrastructure projects to support a circular ec.

- Kosmol, L., Otto, L., 2020. Implementation Barriers of Industrial Symbiosis: A Systematic Review, in: Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii International Conference on System Sciences. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2020.741>
- Morseletto, P., 2020. Targets for a circular economy. *Resour. Conserv. Recycl.* 153, 104553. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2019.104553>
- Mortensen, L., Kørnøv, L., 2019. Critical factors for industrial symbiosis emergence process. *J. Clean. Prod.* 212, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.222>
- Neves, A., Godina, R., Azevedo, S.G., Pimentel, C., Matias, J.C.O., 2019. The Potential of Industrial Symbiosis: Case Analysis and Main Drivers and Barriers to Its Implementation. <https://doi.org/10.3390/su11247095>
- Park, J., Duque-Hernández, J., Díaz-Posada, N., 2018. Facilitating business collaborations for industrial symbiosis: The pilot experience of the sustainable industrial network program in Colombia. *Sustain.* 10. <https://doi.org/10.3390/su10103637>
- Platform CB23, 2020. Measuring circularity. Working agreements for circular construction. Version 2.0.
- Saferoad, 2022. Leading supplier of road safety and road infrastructure solutions [WWW Document]. URL <https://www.saferoad.com/> (accessed 4.7.22).
- Sánchez-Almendro, A.J., Hidalgo, P.J., Galán, R., Carrasco, J.M., López-Tirado, J., 2018. Assessment and Monitoring Protocols to Guarantee the Maintenance of Biodiversity in Certified Forests: A Case Study for FSC (Forest Stewardship Council) Forests in Southwestern Spain. <https://doi.org/10.3390/f9110705>
- Sweco, 2022. HANDREIKING DE CIRCULAIRE WEG AS A SERVICE VERKREGEN INZICHTEN UIT HET PARTNERPROGRAMMA.
- Tukker, A., 2004. Eight types of product-service system: Eight ways to sustainability? Experiences from suspronet. *Bus. Strateg. Environ.* 260, 246–260. <https://doi.org/10.1002/bse.414> EIGHT
- Van Ostaeyen, J., Van Horenbeek, A., Pintelon, L., Duflou, J.R., 2013. A refined typology of product-service systems based on functional hierarchy modeling. *J. Clean. Prod.* 51, 261–276. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.036>
- Zhang, Y., Zheng, H., Su, M., Liu, G., 2015. A review of industrial symbiosis research: theory and methodology. *Front. Earth. Sci.* 9, 91–104. <https://doi.org/10.1007/s11707-014-0445-8>



