



Project	: Verkenning Grebbedijk
Onderwerp	: Resultaten effectbeoordeling circulariteit
Locatie	: Nieuwegein
Datum	: 28 augustus 2019
Projectnr WSVV	: P8305
Projectnr Lieveense/Fugro	: 17M3041-N-057-v11
Opgesteld door	: Royny Mathan; Heike Gaasbeek
Gecontroleerd door	: Heike Gaasbeek
Vrijgegeven door	:



## NOTITIE (VERVOLG)

### Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Beoordelingswijze</b> .....	<b>7</b>
2.1	Referentiesituatie .....	7
2.2	Wijze van beoordelen: model Circulariteit .....	7
2.2.1	Model Circulariteit.....	7
2.3	Preventie .....	10
2.3.1	Criterium 1: Verkleinen omvang van opgave (optimaliseren) .....	10
2.4	Waardebehoud .....	10
2.4.1	Criterium 2: Verlengen levensduur van bestaande objecten.....	10
2.4.2	Criterium 3: Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen .....	11
2.5	Waardecreatie .....	12
2.5.1	Criterium 4: Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur ....	12
2.5.2	Criterium 5: Mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief vermogen) .....	13
2.5.3	Criterium 6: Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud .....	14
2.5.4	Criterium 7: Verlagen van de MKI-waarde berekening bij maken keuzes .....	15
2.5.5	Criterium 8: Verlagen van de CO <sub>2</sub> uitstoot .....	16
<b>3</b>	<b>Effectbeschrijving Alternatieven</b> .....	<b>17</b>
3.1	Preventie .....	17
3.1.1	Criterium 1: Verkleinen omvang van opgave (optimaliseren) .....	17
3.2	Waardebehoud .....	18
3.2.1	Criterium 2: Verlengen levensduur van bestaande objecten.....	18
3.2.2	Criterium 3: Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen. ....	19
3.3	Waardecreatie .....	20
3.3.1	Criterium 4: Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur ....	20
3.3.2	Criterium 5: Mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief vermogen) .....	20
3.3.3	Criterium 6: Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud .....	22
3.3.4	Criterium 7: Verlagen van de MKI-waarde berekening bij maken keuzes .....	23
3.3.5	Criterium 8: Verlagen van de CO <sub>2</sub> uitstoot .....	25
<b>4</b>	<b>Effectbeschrijving Voorkeursalternatief</b> .....	<b>26</b>
4.1	Preventie .....	26



## NOTITIE (VERVOLG)

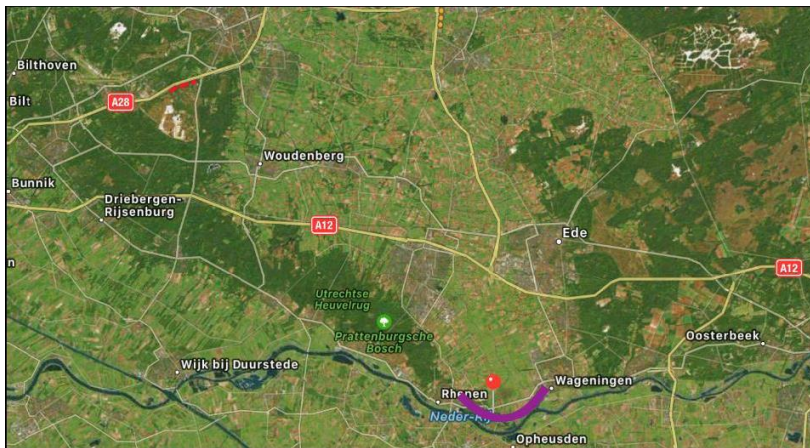
4.1.1	criterium 1: Verkleinen omvang van opgave (optimaliseren) .....	26
4.2	Waardebehoud .....	26
4.2.1	criterium 2: Verlengen levensduur van bestaande objecten.....	26
4.2.2	criterium 3: Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen. ....	27
4.3	Waardecreatie .....	29
4.3.1	criterium 4: Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur ....	29
4.3.2	criterium 5: Mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief vermogen) .....	29
4.3.3	criterium 6: Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud .....	31
4.3.4	criterium 7: Verlagen van de MKI-waarde berekening bij maken keuzes .....	32
4.3.5	criterium 8: Verlagen van de CO <sub>2</sub> uitstoot .....	33
<b>5</b>	<b> Conclusie .....</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b> Leemten in kennis.....</b>	<b>36</b>
6.1.1	criterium 4: Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur ....	36
6.1.2	criterium 6 Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud .....	36
6.1.3	criterium 7: Verlagen van de MKI-waarde .....	36
6.1.4	criterium 8: Verlagen van de CO <sub>2</sub> -uitstoot.....	37
<b>7</b>	<b> Optimalisatiemogelijkheden .....</b>	<b>38</b>
7.1.1	Algemene opzet.....	38
7.1.2	criterium 1: Verkleinen van de omvang van de opgave.....	38
7.1.3	criterium 3: Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen .....	38
7.1.4	criterium 4: Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur ....	38
7.1.5	criterium 6 Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud .....	39
7.1.6	criterium 7: Verlagen van de MKI waarde .....	39
<b>8</b>	<b> Discussie over methodiek.....</b>	<b>40</b>
8.1.1	Opbouw scoresysteem criteria 6, 7, 8.....	40
8.1.2	Specifieke beoordelingswijze per fase .....	40
8.1.3	Toepassing criterium 8 .....	41
8.1.4	Visualisatie van model.....	41
<b>9</b>	<b> Bronnen .....</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b> Bijlagen .....</b>	<b>43</b>



## NOTITIE (VERVOLG)

### 1 Inleiding

De Grebbedijk is door het waterschap Vallei en Veluwe in de Eerste Veiligheidsbeoordeling als onvoldoende beoordeeld. De Grebbedijk staat daarom met hoge prioriteit op het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) 2017-2022 om te zorgen dat de dijk gaat voldoen aan de geldende veiligheidsnorm. Het HWBP is een programma van rijk en waterschappen en onderdeel van het Deltaprogramma. Het valt onder het uitvoeringsprogramma, het Deltaplan Waterveiligheid.



Figuur 1-1 Regionale ligging Grebbedijk

De Grebbedijk maakt onderdeel uit van dijkkring 45 – Gelderse Vallei en beschermt de Gelderse Vallei tegen hoog water vanuit de Nederrijn. De dijk loopt van de hoge gronden bij Wageningen (Veluwe) naar de hoge gronden bij Rhenen (Utrechtse Heuvelrug) en vormt in zijn geheel het normtraject 45-1. De Grebbedijk is 5,5 kilometer lang. De Grebbedijk beschermt de gehele Gelderse Vallei tegen hoogwater vanuit de Neder-Rijn (figuur 1-1). In de Gelderse Vallei is in de loop der jaren veel industrie en bedrijvigheid gevestigd, waardoor een dijkdoorbraak grote economische schade tot gevolg kan hebben. De versterkingsopgave is voor de betrokken partners aanleiding geweest om te kijken naar gewenste ontwikkeling rondom de Grebbedijk die in combinatie met de dijkversterking kunnen worden opgepakt. Deze kansen zijn geïnventariseerd binnen de thema's natuur, duurzaamheid, economie, landschap en cultuurhistorie en waterveiligheid.

De Dijk omvat de bovenkant van de dijk en de dijkwallen aan de noord- en zuidzijde van de dijk. In deze notitie wordt met de noordzijde van de dijk bedoeld, het buitendijks gelegen deel van de dijk aan het achterland. De zuidzijde van de dijk is de zijde gelegen aan de rivier, ook de binnenzijde van de dijk genoemd.

Deze memo beschrijft de kansrijke alternatieven op hoofdlijnen en voorlopige voorkeursalternatieven. In de bijlagen staan de visualisaties van de drie alternatieven en voorkeursalternatieven.



## NOTITIE (VERVOLG)

### *Kansrijke alternatieven*

In kansrijk alternatief 1 wordt gekozen voor een dijk die alle landgebruiken doorsnijdt, daarbij zo compact mogelijk blijft en aansluit op het huidige profiel. De dijk blijft qua ruimtelijke verschijning zo dicht mogelijk bij het huidige beeld: een compact en steile dijk. Het ruimtebeslag wordt geminimaliseerd door de toepassing van compacte verstevigingsmethoden. De interactie tussen dijk en landschap is gericht op natuurontwikkeling. In de Plasserwaard wordt door het verdichten en uitbreiden van het bestaande oobos en het herbestemmen van landbouwgrond voor natuur invulling gegeven aan de natuurdoelstellingen. Door ook in de Driehoek het hooilandbeheer te extensiveren kan hier het leefgebied van de kwartelkoning worden vergroot.

In kansrijk alternatief 2 heeft de dijk een breder profiel die zich naar zijn omliggende omgeving voegt door zijn ligging aan te passen. In dit alternatief reageert de dijk op zijn omgeving en zal zowel de ligging als het profiel van de dijk sterk wijzigen ten opzichte van de huidige situatie. De Grebbedijk wordt vooral in grond verstevigd en zal waar nodig worden verlegd en verbreed. De ruimteclaim van de dijk is relatief groot waardoor er uitwisseling is met landgebruiken op en rondom de dijk. De binnendijkse kruinverleggingen ter hoogte van de Plasserwaard creëert ruimte om op andere delen van de dijk te kiezen voor buitendijkse oplossingen. De verlegging biedt mogelijkheden voor seizoensgebonden recreatief medegebruik binnen het N2000 gebied ter hoogte van de Plasserwaard.

In kansrijk alternatief 3 anticipeert de dijk op een uniforme manier op de aangrenzende gebiedsambities en zorgt hierbij voor een hoge verblijfskwaliteit op de dijk. De kwaliteiten en potenties van zowel het landschappelijke – als stedelijke traject zijn uitgangspunt in dit alternatief. Er wordt voor beide trajecten een zo eenduidig mogelijk profiel nagestreefd en een inrichting die de gebruikswaarde en verblijfskwaliteit vergroot. De dijk anticipeert op ambities in het gebied en is daarmee te zien als een katalysator voor gebiedsontwikkeling.

### *Voorkeursalternatief en MER*

In de lopende verkenningsfase voor Gebiedsontwikkeling Grebbedijk wordt toegewerkt naar een voorkeursalternatief voor het versterken van de Grebbedijk en het realiseren van ruimtelijke opgaven en ambities. In de MER Fase I worden milieueffecten van de in de verkenningsfase ontwikkelde kansrijke alternatieven in beeld gebracht. Het thema Circulariteit wordt vanwege de ontwikkelstatus niet meegenomen in de MER Fase 1 en volgt een parallel spoor richting het voorkeursalternatief, waarin Circulariteit wel wordt meegenomen. Dit wordt toegelicht onder paragraaf 2.2, wijze van beoordelen. De MER-fase II, de nadere uitwerking van het voorkeursalternatief, wordt opgesteld in de planuitwerkingsfase. Het voorlopige voorkeursalternatief en de variant met kleine zwemplas zijn een combinatie van de kansrijke alternatieven.



## NOTITIE (VERVOLG)

Het voorlopige voorkeursalternatief voor de Grebbedijk is een relatief compacte dijk die de Gelderse Vallei beschermt tegen overstromingen en die met het getrapte dijkprofiel de recreatieve route tussen de stuwwallen versterkt. De uiterwaarden tussen Rhenen en Wageningen zijn onderdeel van een groter uiterwaarden-landschap met hoge actuele natuurwaarden. Met het voorkeursalternatief worden deze gebieden aaneengesloten tot één groot natuurgebied, met een afwisselend recreatief medegebruik voor wandelaars, hardlopers, natuurliefhebbers en waterrecreanten. Bij Wageningen vormen de dijk en de uiterwaarden een uitloopgebied vanuit de stad en er zijn routes vanuit de stad naar de dijk en de uiterwaarden. Bij de Rhenense kant heeft de Blauwe kamer met een grote aantrekkende werking en wordt aan de voet van de grebbeberg worden de oude verdedigingslinies (het hoornwerk) hersteld.

De variant van het voorlopige voorkeursalternatief met kleine zwemplas kent een andere inrichting van de driehoek. In plaats van extensief beheerd grasland als habitat voor de kwartelkoning, wordt in deze variant invulling gegeven aan een natuurplas met zwemmogelijkheden aan de noordoever en een natuurlijke zuidoever (vanuit kansrijk alternatief 2). In de zuidkant van de driehoek is ruimte voor natuurontwikkeling (patroonnatuur) en meer overstromingsmomenten door ingrepen in de zomerkade. Afgezien van de driehoek komt deze variant overeen met het voorlopige voorkeursalternatief in de vorige alinea.



## NOTITIE (VERVOLG)

### 2 Beoordelingswijze

#### 2.1 Referentiesituatie

Voor de beoordeling van Circulariteit vergelijken we de kansrijke alternatieven en het voorkeursalternatief en de variant hierop met de huidige situatie van de Grebbedijk.

#### 2.2 Wijze van beoordelen: model Circulariteit

In het project “Verkenning Grebbedijk” zijn de ambities ten aanzien van duurzaamheid hoog. Voor het project is een afweegkader opgezet wat afgeleid is van de Omgevingswijzer vanuit de aanpak duurzaam GWW. Hierin zitten alle relevante (onderscheidende) criteria op milieu, kosten en omgeving. Een van de taartpunten daarin is duurzaamheid, met onder andere onderliggend criterium circulair materiaalgebruik. Circulariteit is net als duurzaamheid een begrip wat lastig meetbaar is. Daarom is besloten om, in tegenstelling tot de andere aspecten uit het afweegkader voor de Grebbedijk, het aspect Circulariteit apart te beoordelen. Dit gebeurt buiten de MER Fase 1 om.

##### 2.2.1 Model Circulariteit

Vanuit het waterschap Vallei en Veluwe is er de wens om de acht principes van circulariteit vanuit het document ‘Circulair ontwerpen in het MIRT-proces<sup>1</sup>’ te gebruiken bij het beoordelen van circulariteit. Onderstaand figuur geeft de algemene principes van circulaire economie: preventie, waardebehoud (bestaande objecten) en waardecreatie (nieuwbouw) weer, vertaald naar in totaal 8 circulaire ontwerpprincipes die passen in de context van de GWW.

Lievense heeft op basis van dit document een eenvoudig model opgezet waarmee circulariteit effectief geborgd kan worden in een waterveiligheidsopgave. Het doel van het model is het concreet maken en beoordelen van circulariteit door er een score aan te geven. Het model maakt het makkelijk om stapsgewijs circulair denken mee te nemen in een afwegingsproces. Het is dan ook de bedoeling om het model breder uit te rollen dan de Grebbedijk. Voor nu passen we het toe in de afweging van de drie kansrijke alternatieven en het voorkeursalternatief en de variant hierop.

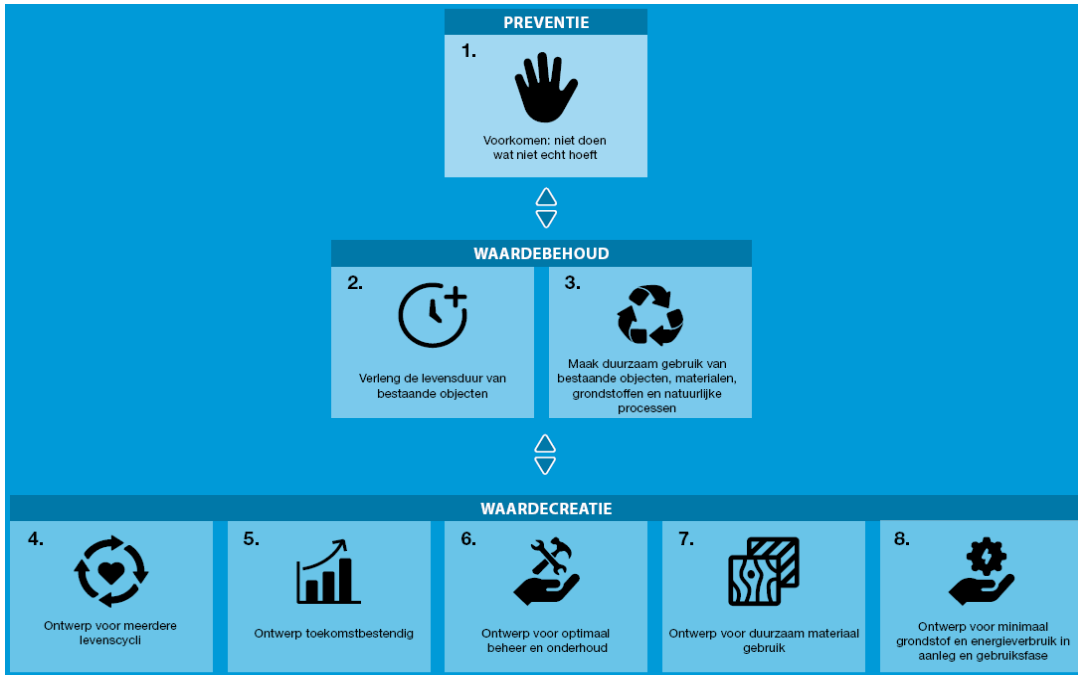
In het model vertegenwoordigen de drie algemene principes elk een strategie over hoe om te gaan met de reeds opgebouwde waarde in de bestaande situatie als uitgangspunt van

---

<sup>1</sup> Dijcker, R., Crielaard, M., Schepers, O. (2018). Circulair Ontwerpen in het MIRT-proces (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport): Handelingsperspectieven voor beleidsmakers, adviseurs, ontwerpers en beheerders, Witteveen+Bos in opdracht van Rijkswaterstaat, Deventer.



## NOTITIE (VERVOLG)



Figuur 2-1: De 8 circulaire ontwerpprincipes uit 'Circulair ontwerpen in het MIRT-proces'

het project. De onderliggende 8 ontwerpprincipes zijn concreet gemaakt tot criteria, die worden beoordeeld aan de hand van meetbare te onderscheiden schaalniveaus. In onderstaand figuur geeft dit weer. In de achtereenvolgende paragrafen lichten we de criteria en de meetbaarheid ervan toe.





	Preventie	Waardebewoud			Waardecreatie			
	Dragen alle ingrepen echt iets bij aan het behalen van de beoogde functionaliteit en resulterende prestatie?	Wordt de bestaande situatie zoveel mogelijk gebruikt voor de nieuwe situatie?			Toegepaste objecten, componenten, materialen en grondstoffen binnen de nieuw gekozen oplossing zijn: Herbruikbaar; Toekomstbestendig (adaptief); Beheerbaar; Milieuvriendelijk; Minimaal grondstof en energiegebruik in aanleg- en gebruiksfase?			
Criteria	1. Verkleinen omvang van opgave	2. Verlengen levensduur van bestaande objecten	3. Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen	4. Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur	5. Mogelijk maken van toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen (adaptief vermogen)	6. Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud	7. Verlagen van de MKI-waarde berekening bij maken keuzes	8. Verlagen van de CO <sub>2</sub> uitstoot
++				Alle materialen in het alternatief zijn verwerkt in een (voorzet ten behoeve van het) grondstoffenpaspoort. Minstens 85% van de gebruikte materialen heeft een volwaardige bestemming na einde levensduur.	In het alternatief wordt, naast het meenemen van ambities uit het gebied, ook geanticipeerd op mogelijke toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen.	De directe levensduurkosten van het alternatief is <125% ten opzichte van de laagste directe levensduurkosten, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).	De MKI waarde van het alternatief is <125% ten opzichte van de laagste MKI waarde, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).	De CO <sub>2</sub> uitstoot van het alternatief is <125% ten opzichte van de laagste CO <sub>2</sub> uitstoot, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
+	De opgave van het alternatief is verkleind door onderzoek naar functionaliteit en innovaties.	In het alternatief zijn de restlevensduur en mogelijkheden voor verlenging ervan onderzocht. Bestaande objecten worden hersteld in het alternatief.	Van bestaande objecten, componenten en materialen is de restwaarde voor hergebruik ervan in het alternatief onderzocht. Deze worden (eventueel met behulp van andere projecten) hergebruikt.	Alle materialen in het alternatief zijn verwerkt in een (voorzet ten behoeve van het) grondstoffenpaspoort. Minstens 50% van de gebruikte materialen heeft een volwaardige bestemming na einde levensduur.	In het alternatief worden, middels een actief omgevingsproces, ambities meegenomen in de projectdoelstellingen om meerwaarde te creëren.	De directe levensduurkosten van het alternatief ligt tussen 126-150% ten opzichte van de laagste directe levensduurkosten, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).	De MKI waarde van het alternatief ligt tussen de 126-150% ten opzichte van de laagste MKI waarde, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).	De CO <sub>2</sub> uitstoot van het alternatief ligt tussen de 126-150% ten opzichte van de laagste CO <sub>2</sub> uitstoot, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
0	De opgave van het alternatief is beter in beeld gebracht door onderzoek (standaard werk).	In het alternatief zijn van bestaande objecten de restlevensduur en mogelijkheden voor verlenging ervan onderzocht, maar dit wordt niet toegepast.	Van bestaande objecten, componenten en materialen is de restwaarde voor hergebruik ervan in het alternatief onderzocht, maar dit wordt niet toegepast.	50% van de materialen in het alternatief zijn verwerkt in een (voorzet ten behoeve van het) grondstoffenpaspoort. Er is nagedacht over het gebruik van de materialen na de levensduur.	Projectdoelstellingen worden in het alternatief uitgewerkt binnen de technische-, ruimtelijke- en beleidskaders waarbij de omgeving wordt betrokken (wensen en eisen).	De directe levensduurkosten van het alternatief ligt tussen de 151-175% ten opzichte van de laagste directe levensduurkosten, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).	De MKI waarde van het alternatief ligt tussen de 151-175% ten opzichte van de laagste MKI waarde, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).	De CO <sub>2</sub> uitstoot van het alternatief ligt tussen de 151-175% ten opzichte van de laagste CO <sub>2</sub> uitstoot, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
-	De opgave van het alternatief is niet verder onderzocht.	De mogelijkheden voor verlenging van de levensduur van bestaande objecten is niet verder onderzocht.	Van bestaande objecten, componenten en materialen is de restwaarde voor hergebruik ervan in het alternatief niet onderzocht.	Er is begonnen aan het verwerken van de materialen in het alternatief in een (voorzet ten behoeve van het) grondstoffenpaspoort (+/- 15%). Er is nog niet nagedacht over het gebruik van de materialen na de levensduur.	Projectdoelstellingen worden in het alternatief uitgewerkt binnen de technische-, ruimtelijke- en beleidskaders zonder de omgeving actief te betrekken. Het alternatief sluit toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen niet uit.	De directe levensduurkosten van het alternatief liggen tussen de 176-200% ten opzichte van de laagste directe levensduurkosten, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).	De MKI waarde van het alternatief ligt tussen de 176-200% ten opzichte van de laagste MKI waarde, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).	De CO <sub>2</sub> uitstoot van het alternatief ligt tussen de 176-200% ten opzichte van de laagste CO <sub>2</sub> uitstoot, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
--				Geen van alle gebruikte materialen in het alternatief zijn verwerkt in een (voorzet ten behoeve van het) grondstoffenpaspoort. Er wordt niet nagedacht over de materialen na levensduur.	Projectdoelstellingen worden in het alternatief uitgewerkt binnen de technische-, ruimtelijke- en beleidskaders zonder de omgeving actief te betrekken. Het alternatief sluit bewust mogelijkheden voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen uit.	De directe levensduurkosten van het alternatief zijn >200% ten opzichte van de laagste directe levensduurkosten.	De MKI waarde van het alternatief zijn >200% ten opzichte van de laagste MKI waarde.	De CO <sub>2</sub> uitstoot van het alternatief zijn >200% ten opzichte van de laagste CO <sub>2</sub> uitstoot.

Tabel 2-1: Overzicht van alle scores om circulariteit van verschillende alternatieven te beoordelen.



## 2.3 Preventie

Door anders naar de opgave te kijken en de focus te leggen op de beoogde functionaliteit, is het mogelijk de opgave te verkleinen.

### 2.3.1 Criterium 1: Verkleinen omvang van opgave (optimaliseren)

Bij preventie ligt de nadruk op de beoogde functionaliteit van alternatieven en resulterende prestatie. Voorgenomen ingrepen dienen hier echt iets aan bij te dragen. Onderzoek naar innovaties en alternatieven met minder materiaalgebruik of waarin bepaalde onderdelen niet meer nodig zijn (functionaliteit) dragen hieraan bij. Op deze manier verklein je de opgave.

#### Meetbaarheid:

Uitgevoerd onderzoek naar beoogde functionaliteit in relatie tot het werk dat uitgevoerd moet worden.

Tabel 2-2: score overzicht van criterium 1 verkleinen van de omvang van de opgave

	Verkleinen omvang van opgave
+	De opgave van het alternatief is verkleind door onderzoek naar functionaliteit en innovaties.
0	De opgave van het alternatief is beter in beeld gebracht door onderzoek (standaard werk).
-	De opgave van het alternatief is niet verder onderzocht

## 2.4 Waardebehoud

Waardebehoud streeft naar het zoveel mogelijk benutten van de bestaande situatie. Het gaat om de waarden die al aanwezig binnen het projectgebied zoveel mogelijk te gebruiken in de alternatieven. Waardebehoud onderscheidt twee criteria die van belang zijn:

- Verlengen levensduur van bestaande objecten;
- Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen.

### 2.4.1 Criterium 2: Verlengen levensduur van bestaande objecten

Om aan gewijzigde doelen en eisen te gaan voldoen kan in alternatieven, in plaats van het volledig vervangen of nieuw toevoegen van objecten, gebruik gemaakt worden van het 'upgraden' van objecten uit de bestaande situatie. Hierbij gaat het om de huidige objecten weer functioneel te maken zodat deze weer een ronde mee kunnen. Dit hoeft niet



## NOTITIE (VERVOLG)

automatisch te betekenen dat de levensduur weer volledig is. Het kan ook zijn dat op deze manier grote werkzaamheden uitgesteld of gefaseerd kunnen worden op de lange termijn.

### Meetbaarheid:

Uitgevoerd onderzoek naar de status van objecten binnen een alternatief en of de levensduur op een manier verlengd kan worden.

Tabel 2-3: score overzicht van criterium 2 verlengen levensduur van bestaande objecten

	Verlengen levensduur van bestaande objecten
+	In het alternatief zijn de restlevensduur en mogelijkheden voor verlenging ervan onderzocht. Bestaande objecten worden hersteld in het alternatief.
0	In het alternatief zijn van bestaande objecten de restlevensduur en mogelijkheden voor verlenging ervan onderzocht, maar dit wordt niet toegepast.
-	De mogelijkheden voor verlenging van de levensduur van bestaande objecten is niet verder onderzocht.

### 2.4.2 Criterium 3: Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen

Bij criterium 3 gaat het om de herbruikbaarheid van bestaande objecten, componenten en materialen en de toepassing ervan binnen of buiten het project. Een veel voorkomend herbruikbaar materiaal voor hergebruik in dijkversterkingsprojecten is gebiedseigen grond. Een ander willekeurig voorbeeld is het hergebruik van stalen damwanden: als de zware damwanden hun einde levensduur hebben bereikt op de plaats waar ze ingebracht zijn, kunnen deze naar een andere locatie waar lichtere eisen worden gesteld worden herplaatst. In de optimale situatie start het onderzoek naar alternatieven met een inventarisatie naar de materialen en objecten die in een gebied aanwezig zijn en naar mogelijk toepassing van meer of minder hergebruikte objecten, componenten en materialen.

### Meetbaarheid:

Uitgevoerd onderzoek naar de objecten en materialen die aanwezig zijn in het projectgebied en de toepasbaarheid hiervan binnen alternatieven.



## NOTITIE (VERVOLG)

Tabel 2-4: score overzicht van criterium 3 hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen

	Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen
+	Van bestaande objecten, componenten en materialen is de restwaarde voor hergebruik ervan in het alternatief onderzocht. Deze worden (eventueel met behulp van andere projecten) hergebruikt.
0	Van bestaande objecten, componenten en materialen is de restwaarde voor hergebruik ervan in het alternatief onderzocht, maar dit wordt niet toegepast.
-	Van bestaande objecten, componenten en materialen is de restwaarde voor hergebruik ervan in het alternatief niet onderzocht.

### 2.5 Waardecreatie

Waardecreatie streeft naar een waardevolle toepassing van objecten, materialen en grondstoffen in de alternatieven, rekening houdend met de lange termijn (binnen en buiten de opgave). Hiervoor kan rekening worden gehouden met verschillende aspecten, vertaald naar vijf criteria:

- Herbruikbaarheid van materialen na levensduur;
- Toekomstbestendig (adaptief vermogen), wat nauw in relatie staat met de omgeving;
- Beheerbaar gedurende de gehele levensduur;
- Milieuvriendelijkheid van een materiaal;
- Minimaal grondstof en energiegebruik in aanleg- en gebruiksfase.

#### 2.5.1 Criterium 4: Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur

Voor méér en hoogwaardiger hergebruik van materialen, met als doel gesloten materiaalstromen, is het nodig om aan de voorkant na te denken over de herbruikbaarheid van materialen bij einde levensduur van de huidige toepassing. Een middel om dit mogelijk te maken is het materialenpaspoort, waarvoor een landelijke standaard in de maak is voor de GWW<sup>2</sup>. Elk object krijgt hierin een paspoort: *“Een paspoort voor de bouw documenteert digitaal waar een object uit bestaat -zowel kwalitatief als kwantitatief-, hoe het is gebouwd en waar het zich bevindt. Het documenteert het eigenaarschap van het geheel en/of de delen. Een paspoort van een object is daarmee in feite een ‘digital twin’ van het fysieke object.”*

<sup>2</sup> Platform CB'23 (2019), Leidraad voor het toepassen van Paspoorten voor de Bouw. Conceptversie voor consultatie, april 2019.



## NOTITIE (VERVOLG)

### Meetbaarheid:

- Voorbereiding en verwerking in materialenpaspoort volgens de landelijke standaard; echter kan dit ook een voorstadium hiervan zijn aangezien het de verkenningsfase betreft (lees hierover meer in paragraaf 8.2).
- Aandeel materialen met volwaardige bestemming na einde levensduur weergeven (in%).

Tabel 2-5: score overzicht van criterium 4 herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur

	Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur
++	Alle materialen in het alternatief zijn verwerkt in een (voorzet ten behoeve van het) grondstoffenpaspoort. Minstens 85% van de gebruikte materialen heeft een volwaardige bestemming na einde levensduur.
+	Alle materialen in het alternatief zijn verwerkt in een (voorzet ten behoeve van het) grondstoffenpaspoort. Minstens 50% van de gebruikte materialen heeft een volwaardige bestemming na einde levensduur.
0	50% van de materialen in het alternatief zijn verwerkt in een (voorzet ten behoeve van het) grondstoffenpaspoort. Er is nagedacht over het gebruik van de materialen na de levensduur.
-	Er is begonnen aan het verwerken van de materialen in het alternatief in een (voorzet ten behoeve van het) grondstoffenpaspoort (+/- 15%). Er is nog niet nagedacht over het gebruik van de materialen na de levensduur.
--	Geen van alle gebruikte materialen in het alternatief zijn verwerkt in een (voorzet ten behoeve van het) materialenpaspoort. Er wordt niet nagedacht over de materialen na levensduur.

### 2.5.2 Criterium 5: Mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief vermogen)

Een toekomstbestendig alternatief borgt ambities en toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen in de projectdoelstellingen. Dit creëert namelijk ruimte voor ambities en toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen binnen de alternatieven, of behoudt hiervoor ruimte in de toekomst door ze niet uit te sluiten. Dit criterium is nauw verbonden met een intensief omgevingsproces, ten behoeve van meerwaarde en synergie.

### Meetbaarheid:

- Uitgevoerd onderzoek naar toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen;
- Toepassing van omgevingsproces en participatie.



## NOTITIE (VERVOLG)

Tabel 2-6: score overzicht van criterium 5 toekomstbestendigheid

	Toekomstbestendigheid
++	In het alternatief wordt, naast het meenemen van ambities uit het gebied, ook geanticipeerd op mogelijke toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen.
+	In het alternatief worden, middels een actief omgevingsproces, ambities meegenomen in de projectdoelstellingen om meerwaarde te creëren.
0	Projectdoelstellingen worden in het alternatief uitgewerkt binnen de technische-, ruimtelijke- en beleidskaders waarbij de omgeving wordt betrokken (wensen en eisen).
-	Projectdoelstellingen worden in het alternatief uitgewerkt binnen de technische-, ruimtelijke- en beleidskaders zonder de omgeving actief te betrekken. Het alternatief sluit toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen niet uit.
--	Projectdoelstellingen worden in het alternatief uitgewerkt binnen de technische-, ruimtelijke- en beleidskaders zonder de omgeving actief te betrekken. Het alternatief sluit bewust mogelijkheden voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen uit.

### 2.5.3 Criterium 6: Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud

Voor een duurzaam alternatief is het belangrijk om de totale levensduur (beheer en onderhoud) mee te nemen in het ontwerpproces en de afweging van alternatieven. Het meenemen gebeurt middels het berekenen en vergelijken van de directe levensduurkosten, in dit geval over 100 jaar. Om het beheer en onderhoud te beoordelen zijn de investeringskosten niet meegenomen, want dit zegt niets over het beheer en onderhoud gedurende de levensduur. Door de periode van 100 jaar zit de vervanging (van onderdelen) wel in de analyse. Hoe lager de beheers- en onderhoudskosten, hoe beter de beoordeling van het alternatief. Het is belangrijk om de mogelijke optimalisaties mee te nemen in de berekeningen. Dit zegt iets over het verbeterpotentieel van de alternatieven. Wanneer een optimalisatie ervoor zorgt dat de levensduurkosten verlagen, kan het alternatief ook beter scoren. Echter moet dit goed onderbouwd gebeuren en de intentie er zijn om deze ook daadwerkelijk door te voeren.

#### Meetbaarheid:

- Berekening van de directe levensduurkosten (inclusief mogelijke optimalisaties om deze te verlagen);
- Berekening van de verhouding ten opzichte van het 'goedkoopste' alternatief.



## NOTITIE (VERVOLG)

Tabel 2-7: score overzicht van criterium 6 minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud

	Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud
++	De directe levensduurkosten van het alternatief is <125% ten opzichte van de laagste directe levensduurkosten, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
+	De directe levensduurkosten van het alternatief ligt tussen 126-150% ten opzichte van de laagste directe levensduurkosten, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
0	De directe levensduurkosten van het alternatief ligt tussen de 151-175% ten opzichte van de laagste directe levensduurkosten, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
-	De directe levensduurkosten van het alternatief liggen tussen de 176-200% ten opzichte van de laagste directe levensduurkosten, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
--	De directe levensduurkosten van het alternatief zijn >200% ten opzichte van de laagste directe levensduurkosten.

### 2.5.4 Criterium 7: Verlagen van de MKI-waarde berekening bij maken keuzes

Voor duurzaam materiaalgebruik is een Levenscyclusanalyse (LCA) berekening de meest effectieve methode om een beoordeling te geven. De LCA drukken we in dit geval uit in en Milieu Kosten Indicator (MKI)- waarde. De berekening is gedaan met het programma DuboCalc (Duurzaam Bouwen Calculator).

De berekeningen geven een duidelijk overzicht van waar nog optimalisatie mogelijkheden liggen in de alternatieven. De berekeningen van optimalisaties geven het potentieel aan van een alternatief. Wanneer het alternatief hier een lagere MKI-waarde heeft met de intentie het door te voeren, scoort het alternatief beter.

#### Meetbaarheid:

- DuboCalc berekeningen (inclusief mogelijke optimalisaties om deze te verlagen);
- Berekening van de verhouding ten opzichte van het alternatief met laagste MKI waarde.

Tabel 2-8 score overzicht van criterium 7 verlaging van de MKI-waarde

	Verlaging van de MKI-waarde bij keuzes
++	De MKI waarde van het alternatief is <125% ten opzichte van de laagste MKI waarde, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
+	De MKI waarde van het alternatief ligt tussen de 126-150% ten opzichte van de laagste MKI waarde, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
0	De MKI waarde van het alternatief ligt tussen de 151-175% ten opzichte van de laagste MKI waarde, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
-	De MKI waarde van het alternatief ligt tussen de 176-200% ten opzichte van de laagste MKI waarde, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
--	De MKI waarde van het alternatief zijn >200% ten opzichte van de laagste MKI waarde.



## NOTITIE (VERVOLG)

### 2.5.5 Criterium 8: Verlagen van de CO<sub>2</sub> uitstoot

Vanuit de 8 principes is het laatste criterium het verlagen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Inzicht in de CO<sub>2</sub>-uitstoot is van belang om te bepalen welk alternatief minimaal grondstof en energieverbruik in de aanleg en gebruiksfase heeft en op die wijze een aantoonbaar positieve bijdrage levert aan het milieu.

Vanwege beperkte mogelijkheden om de CO<sub>2</sub>-uitstoot voor de aanleg- en gebruiksfase in beeld te brengen wordt dit in deze effectbeoordeling opgenomen in de MKI-waarde die wordt berekend met DuboCalc voor criterium 7. Lees hierover meer in paragraaf 8.3.

#### Meetbaarheid:

- CO<sub>2</sub> berekeningen (inclusief mogelijke optimalisaties om deze te verlagen);
- Berekening van de verhouding ten opzichte van het alternatief met laagste CO<sub>2</sub>-waarde.

	Verlagen van CO <sub>2</sub> uitstoot
++	De CO <sub>2</sub> uitstoot van het alternatief is <125% ten opzichte van de laagste CO <sub>2</sub> uitstoot, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
+	De CO <sub>2</sub> uitstoot van het alternatief ligt tussen de 126-150% ten opzichte van de laagste CO <sub>2</sub> uitstoot, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
0	De CO <sub>2</sub> uitstoot van het alternatief ligt tussen de 151-175% ten opzichte van de laagste CO <sub>2</sub> uitstoot, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
-	De CO <sub>2</sub> uitstoot van het alternatief ligt tussen de 176-200% ten opzichte van de laagste CO <sub>2</sub> uitstoot, of kan geoptimaliseerd worden zodat het tussen deze waarden valt (potentie).
--	De CO <sub>2</sub> uitstoot van het alternatief zijn >200% ten opzichte van de laagste CO <sub>2</sub> uitstoot.





## NOTITIE (VERVOLG)

### 3 Effectbeschrijving Alternatieven

Dit hoofdstuk bevat de effectbeschrijving voor de drie verschillende alternatieven. Hierin worden de drie alternatieven beoordeeld aan de hand van de acht criteria. Een overzicht van de scores en algehele conclusie is te vinden in hoofdstuk 5.

#### 3.1 Preventie

##### 3.1.1 Criterium 1: Verkleinen omvang van opgave (optimaliseren)

Er is reeds voorafgaand aan alternatievenontwikkeling onderzoek uitgevoerd ter bepaling van de benodigde omvang van de opgave. Zo is bijvoorbeeld bodemonderzoek uitgevoerd in het voorland, wat tot het beperken van de pipingopgave heeft geleid.

In KA1 is bij het ontwerp van het buitentalud rekening gehouden met reststerkte, hierdoor is steenbekleding op de buitenzijde van de dijk niet nodig. Daarnaast wordt over de gehele lengte verticaal zanddicht geotextiel gebruikt als innovatie om het materiaalverbruik te beperken. KA1 scoort positief.

Net als bij KA1 is bij KA2 ook uitgegaan van reststerkte voor de berekening van het buitentalud. Op deze manier is er geen steenbekleding nodig. In de delen van de dijk waar maatwerk plaatsvindt, gebruikt men ook op delen de innovatie verticaal zanddicht geotextiel om het materiaalverbruik te beperken. KA2 scoort positief.

Ook in KA3 wordt gerekend met de reststerkte voor het buitentalud. Er zijn probabilistische berekeningen gedaan voor de hoogteopgave. Het overslag debiet in het landelijk gebied is probabilistisch berekend waarmee de hoogteopgave is verkleind. Het herstellen van het Hoornwerk naar zijn oorspronkelijke hoogte (uit 1748) draagt hier ook aan bij. KA3 scoort positief.

#### Conclusie

Voor alle alternatieven is onderzoek gedaan om de opgave te verkleinen. Optimalisaties en innovaties zijn actief verwerkt in alle varianten. Voor KA3 is tevens nog het overslagdebiet probabilistisch berekend wat de hoogteopgave heeft verkleind, maar door de andere optimalisaties is dit niet in de score terug te zien. Alle alternatieven scoren daarom positief.



## NOTITIE (VERVOLG)

Tabel 3-1: score van criterium 1: verkleinen van de opgave

Verkleinen omvang van opgave	KA1	KA2	KA3
Beoordeling	+	+	+

### 3.2 Waardebehoud

#### 3.2.1 Criterium 2: Verlengen levensduur van bestaande objecten

In geen van de alternatieven wordt de levensduur van bestaande harde constructies in de dijk verlengd. Door nieuwe rekenregels kan met de bestaande constructies niet worden voldaan aan ontwerprichtlijnen. De levensduur van het bestaande grondlichaam wordt wel ‘verlengd’ door de dijkversterking.

In KA1 is rondom de bestaande dijk ontworpen. In het profiel<sup>3</sup> is duidelijk te zien dat het basisprofiel in het landelijk gebied de oude dijk volgt en er vooral een erosiebestendige kleilaag en een binnenberm aangebracht wordt. Het maatwerk in het landelijk gebied volgt tevens de oude dijk maar de oplossing is gezocht in constructie van een verankerde damwand.

De dijk blijft qua ruimtelijke verschijning zo dicht mogelijk bij het huidige beeld: een compacte en steile dijk. Het ruimtebeslag wordt geminimaliseerd door de toepassing van compacte versterkingsmethoden en de kruin verschuift zo min mogelijk. KA1 scoort positief op het verlengen van de levensduur van bestaande objecten.

In KA2 wijzigt de ligging als het profiel van de dijk sterk ten opzichte van de huidige situatie. Bestaande structuren worden zo goed als niet gebruikt in het nieuwe ontwerp. Deze optie scoort neutraal op het verlengen van de levensduur van bestaande objecten, omdat er wel onderzoek naar de oplossingen is gedaan, maar dit niet wordt toegepast. In deze optie is er voor gekozen om zoveel mogelijk van oplossingen in grondwerk uit te gaan.

In KA3 volgt het ontwerp ook grotendeels de bestaande dijk. In het stedelijke gebied verstevigt een verankerde damwand de bestaande dijk. Buitendijks wordt een gesplitste kruin aangelegd met een extra ruimtebeslag van 6 meter. Op de landelijke stukken wordt een steunberm aangelegd (kleiner dan in KA2). Alleen op de stukken met maatwerk verplaatst met de kruin van de dijk. Het Hoornwerk wordt hersteld zodat deze in zijn

<sup>3</sup> Grebbedijk Wageningen kansrijke alternatieven + dijkprofielen 16 april 2019



## NOTITIE (VERVOLG)

geheel als kering dient. Dit alternatief scoort positief op het verlengen van de levensduur van bestaande objecten.

### Conclusie

KA1 en KA3 scoren beide positief. Het herstellen van het Hoornwerk in KA3 scoort zeer positief, maar hiermee kan niet worden voorkomen dat de bestaande constructie bij het Hoornwerk vervangen moet worden. KA2 scoort neutraal omdat bijna over de gehele lengte de bestaande structuren niet hersteld worden. Er is wel onderzoek geweest.

Tabel 3-2: score van criterium 2 verlengen levensduur bestaande objecten

Verlengen levensduur van bestaande objecten	KA1	KA2	KA3
Beoordeling	+	0	+

### 3.2.2 Criterium 3: Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen.

In alle Kansrijke alternatieven zit het gebruik van gebiedseigen grond. In KA2 is de grondbalans bijna gesloten. Er hoeft dus weinig grond aan- of afgevoerd worden van buiten de opgave. KA2 scoort daarom positief. Dit is niet te wijten aan het dijkontwerp, maar aan het aanleggen van een nevengeul en zwemplas in dit alternatief. Hierbij komt klei en zand vrij die goed gebruikt kan worden voor de dijkversterking.

In de alle alternatieven zitten technische oplossingen waarbij grote delen van de dijk als basis dienen. De technische oplossingen bestaan in het geheel uit nieuw aan te brengen materialen. In KA3 breidt men het bestaande hoornwerk uit om te dienen als volwaardige kering. Het wordt hersteld in oude glorie en draagt tevens bij aan de waterveiligheid. KA3 scoort positief, KA1 neutraal.

### Conclusie

KA2 scoort positief door de bijna gesloten grondbalans. KA1 scoort neutraal omdat er relatief weinig grond nodig is, maar de uitwerking niet direct aanstuurt op een gesloten grondbalans. KA3 scoort ook positief, ook al heeft deze geen gesloten grondbalans. In KA3 breidt men het bestaande hoornwerk uit om te dienen als volwaardige kering wat ook positief scoort onder dit criterium.



## NOTITIE (VERVOLG)

Tabel 3-3: : score van criterium 3 hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen

Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen	KA1	KA2	KA3
Beoordeling	0	+	+

### 3.3 Waardecreatie

#### 3.3.1 Criterium 4: Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur

Voor alle alternatieven is geen materialenpaspoort opgesteld, ingericht of een voorzet hiervoor gedaan met bijvoorbeeld een kernlijst. Dit is een manier van werken, dus voor alle alternatieven is dit niet onderscheidend. Tevens is er geen onderzoek gedaan naar de toepassing van her te gebruiken en herbruikbare materialen, zoals asfalt of damwanden. Op dit criterium ligt nog veel ruimte voor verbetering voor alle alternatieven.

#### Conclusie

Het grondstoffenpaspoort (of een vergelijkbare toepassing) is bij alle alternatieven niet in de werkwijze opgenomen en zijn er geen onderzoeken gedaan naar de toepassing van her te gebruiken en herbruikbare materialen. Hierdoor scoren alle alternatieven negatief.

Tabel 3-4: : score van criterium 4 herbruikbaarheid van materialen na levensduur

Herbruikbaarheid van materialen na levensduur	KA1	KA2	KA3
Beoordeling	-	-	-

#### 3.3.2 Criterium 5: Mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief vermogen)

De versterkingsopgave is voor de betrokken partners aanleiding geweest om te kijken naar gewenste ontwikkelingen rondom de Grebbedijk die in combinatie met de dijkversterking kunnen worden opgepakt. Naast waterveiligheid zijn hier kansen binnen de thema's 'Natuur', 'Infrastructuur en economie', 'Recreatie en landschap' en 'Duurzaamheid' onderzocht, die zijn vastgelegd in vijf gelijknamige bouwstenennotities die zijn gebruikt als startpunt van het integrale ontwerpproces. Gedurende de verkenningsfase is onderzocht welke bouwstenen ruimtelijk en technisch haalbaar, maakbaar en uitvoerbaar zijn in te passen rondom de Grebbedijk. De omgevingsparticipatie, waarin samenwerking tussen overheden (gemeenten, provincies, waterschap, etc.), maatschappelijke organisaties,



## NOTITIE (VERVOLG)

bedrijven én bewoners plaatsvindt, maakt het mogelijk om kansen uit ruimtelijke ontwikkelingen mee te koppelen in het dijkversterkingsproject.

Voor alle alternatieven is op deze wijze gewerkt en daarom is dit niet onderscheidend. De alternatieven verschillen wel van elkaar in de uitwerking van de gebiedsambities.

In KA1 wordt invulling gegeven aan de projectdoelstellingen, maar niet aan de gebiedsambities. Ook ten aanzien van de doelstellingen voor natuur wordt weinig ingegrepen in het huidige landschap. Er wordt gewerkt vanuit de visie van patroonnatuur met hooilandbeheer en er worden geen andere functies gefaciliteerd. De compactheid van de dijk zorgt wel voor een gering ruimtebeslag. KA1 scoort neutraal, aangezien gebiedsambities wel zijn onderzocht.

KA2 heeft een breed dijkprofiel door de dijkversterking uit te voeren met grond en waarbij de ligging wordt aangepast aan het aangrenzende landschap. Medegebruik op de dijk en aangrenzende gebiedsambities worden gefaciliteerd. In dit alternatief wordt invulling gegeven aan de projectdoelstellingen en wordt in invulling gegeven aan de ambities voor natuur, recreatie en duurzaamheid. Hierbij is gekozen voor een vervlechting van recreatie en natuurfuncties in de Plasserwaard en de Driehoek. In beide gebieden is een zonering toegepast van recreatieve functies aan de noordzijde, en ecologische functies aan de rivierzijde. Voor natuur is gekozen voor een mix tussen hooilandbeheer in het zuidelijke deel van de driehoek en een accent op waterrijke procesnatuur aan de noordzijde van de driehoek en in de Plasserwaard. KA2 scoort een plus.

De dijk in KA3 anticipeert op de wens van de gemeente Wageningen voor de verplaatsing van een betonfabriek naar de andere zijde van de haven, verder weg van het stadscentrum. De jachthaven komt daarbij dichterbij het centrum en zorgt voor een hoge verblijfskwaliteit op de dijk. Het verschil tussen stedelijk en landelijk gebied wordt geaccentueerd. Bij dit alternatief wordt invulling gegeven aan de projectdoelstellingen en wordt maximaal ingezet op vervlechting van de ambities voor natuur, recreatie en duurzaamheid. Hierbij is gekozen voor een waterrijke natuurfunctie voor de Plasserwaard die goed aansluit bij de Blauwe Kamer. In de Driehoek worden de recreatieve functies aan de noordzijde verbonden met de binnenstad van Wageningen.

### Conclusie

In KA1 zijn weinig tot geen gebiedsambities verwerkt. De uitwerkingen zijn alleen gericht op de projectdoelstellingen binnen de technische- ruimtelijke- en beleidskaders, en wensen en eisen zijn standaard meegenomen. Dit alternatief scoort daarom neutraal.



## NOTITIE (VERVOLG)

Voor KA2 is een ruimere invulling gegeven aan de gebiedsambities. Hierbij is gekozen voor een vervlechting van recreatie en natuurfuncties in de Plasserwaard en de Driehoek. De dijk bestaat vooral uit grondwerken is daarom makkelijk aanpasbaar dus sluit toekomstige ontwikkelingen niet uit. Het alternatief scoort daarom een plus.

KA3 scoort een dubbele plus. Bij dit alternatief wordt invulling gegeven aan de projectdoelstellingen en wordt maximaal ingezet op vervlechting van de ambities voor natuur, recreatie en duurzaamheid. Het speelt in op mogelijke toekomstige ontwikkelingen om thermische energie op te wekken uit oppervlaktewater.

Tabel 3-5: score van criterium 5 mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief)

Mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief)	KA1	KA2	KA3
Beoordeling	0	+	++

### 3.3.3 Criterium 6: Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud

Voor alle alternatieven is een kostenraming opgesteld inclusief de levensduurkosten die de beheer en onderhoudskosten weergeven. Dit is beschreven in kostennotitie Grebbedijk Zeef 2\_v2<sup>4</sup>. Hieronder in Tabel 3-6 staan de levensduurkosten van de verschillende alternatieven, waarbij gekeken dient te worden naar de directe levensduurkosten. Deze kosten hebben alleen betrekking op de dijk en niet op de gebiedsambities. De levensduurkosten van de gebiedsambities zijn niet bekend.

Tabel 3-6: Overzicht van de levensduurkosten (100 jaar) van de drie kansrijke alternatieven exclusief de gebiedsambities.

	KA1 Smalle dijk	KA2 Brede dijk	KA3 Integrale dijk
<b>Benoemde directe levensduurkosten</b>	<b>€ 16,58</b>	<b>€ 7,66</b>	<b>€ 19,21</b>
Nader te detailleren levensduurkosten	€ 2,49	€ 1,15	€ 2,88
Indirecte levensduurkosten	€ 6,43	€ 2,97	€ 7,46
<b>Voorziene levensduurkosten</b>	<b>€ 25,50</b>	<b>€ 11,77</b>	<b>€ 29,55</b>
Risicoreservering	€ 3,83	€ 1,77	€ 4,43
Scheefte	€ 1,93	€ 0,86	€ 2,41
BTW totaal	€ 6,50	€ 3,00	€ 7,57
<b>Levensduurkosten incl. BTW</b>	<b>€ 37,76</b>	<b>€ 17,40</b>	<b>€ 43,96</b>
<b>Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten</b>	<b>€ 0,38</b>	<b>€ 0,18</b>	<b>€ 0,44</b>

Wanneer gekeken wordt naar de levensduurkosten is te zien dat KA3 de hoogste levensduurkosten heeft en KA2 de laagste. KA1 zit daar tussenin. KA1 en KA3 hebben

<sup>4</sup> 17M3041-R-026-v2\_Kostennotitie Grebbedijk Zeef 2\_v2



## NOTITIE (VERVOLG)

ongeveer even hoge vervangingskosten gedurende de levensduur door de technische oplossingen om het de wateropgave in te vullen. Het uiteindelijke verschil wordt vooral veroorzaakt door het maaiwerk dat bij het Hoornwerk ontstaat (KA3). De taluds zijn dan erg steil wat het maaien ingewikkeld maakt. Tevens gaat het om een groot extra oppervlak in vergelijking met de andere alternatieven. KA2 heeft de laagste onderhoudskosten omdat deze vooral bestaat uit grondwerk. Er hoeven dus gedurende de levensduur geen elementen vervangen worden. Aanpassingen zijn relatief simpel omdat dit uitsluitend uit grondwerk bestaat.

### Conclusie

KA1 en KA3 scoren een dubbele min, aangezien deze alternatieven aanzienlijk hogere levensduurkosten hebben, namelijk meer dan het dubbele. KA2 scoort een dubbele plus, met de laagste levensduurkosten die voortkomen uit het vele grondwerk.

Tabel 3-7: score van criterium 6 minimale benodigde inspanning beheer en onderhoud

Minimale benodigde inspanning beheer en onderhoud	KA1	KA2	KA3
Beoordeling	--	++	--

### 3.3.4 Criterium 7: Verlagen van de MKI-waarde berekening bij maken keuzes

Voor alle alternatieven zijn zowel de CO<sub>2</sub>- uitstoot als de MKI-waarde uitgerekend met DuboCalc, met gegevens vanuit de Nationale Milieu database (NMD). De resultaten staan hieronder in Tabel 3-8.

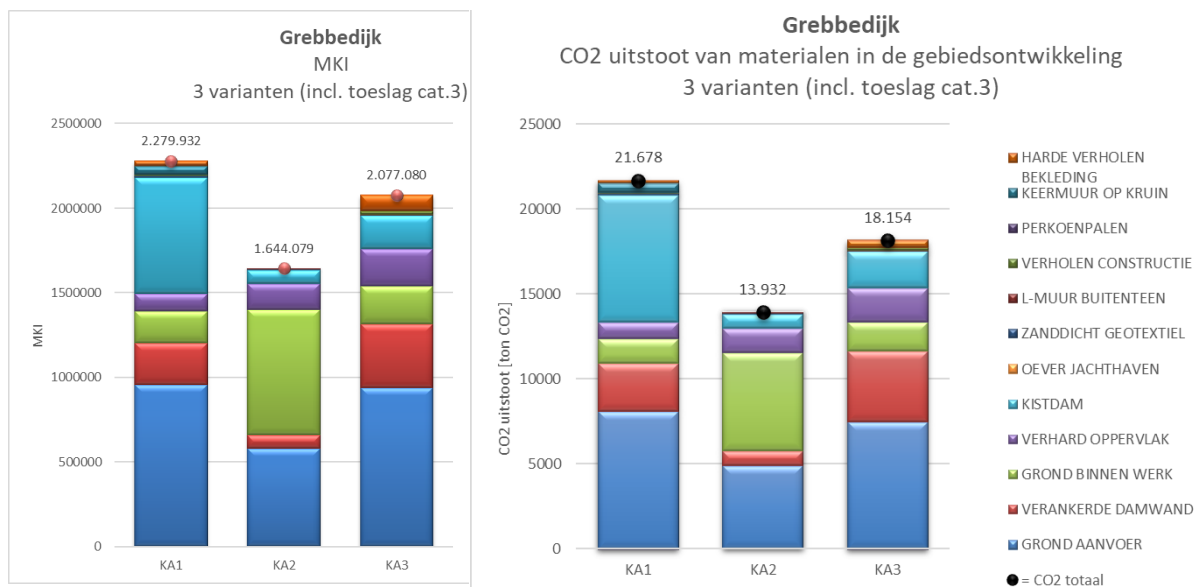
Tabel 3-8 MKI in euro's en de CO<sub>2</sub>-uitstoot in tonnen per kansrijk alternatief

	KA1	KA2	KA3
MKI in euro's	2.279.932	1.644.079	2.077.080
CO <sub>2</sub> in tonnen	21.678	13.932	18.154

In onderstaand figuur zijn de milieukosten (links) en de CO<sub>2</sub>-uitstoot (rechts) van het materiaalgebruik van de verschillende varianten visueel weergegeven.



## NOTITIE (VERVOLG)



Figuur 3-1 MKI-waarde (links) en de CO<sub>2</sub>-uitstoot (rechts) van verschillende varianten

In de figuren is te zien dat van de drie alternatieven KA2 de laagste MKI score en de laagste CO<sub>2</sub> uitstoot heeft. Het werkproces bij de bouw en natuurlijk bij einde levensduur leveren het grootste aandeel hierin. Er zitten weinig tot geen technische oplossingen in het alternatief waardoor de waardes lager uitvallen. De dijkversterking wordt grotendeels met grond uitgevoerd, maar omdat hiervoor gebiedseigen grond uit de gebiedsambities wordt gebruikt is de MKI-waarde relatief laag.

KA1 heeft de hoogste MKI waarde en CO<sub>2</sub> uitstoot. De bouwfase heeft hier het grootste aandeel in. In dit alternatief zitten veel technische oplossingen, waarvan de productie van materialen een groot aandeel heeft tijdens de bouwfase. Met name de kistdam in stedelijk gebied levert een hoge MKI waarde. Ook wordt vrij veel grond aangevoerd omdat er weinig grond vrijkomt bij de gebiedsambities.

KA3 zit net onder KA1, vooral omdat er geen kistdam wordt toegepast maar een verankerde damwand. Het grondverzet is hoger dan in KA1, maar omdat een deel wordt gebruikt voor de dijkversterking geeft dit toch nog een kleine verbetering in de totale MKI en CO<sub>2</sub>-uitstoot.

### Conclusie

In deze fase van het proces zijn (nog) geen actieve keuzes gemaakt om de MKI waarde te beïnvloeden. Wel zijn voor alle alternatieven de MKI waardes berekend inclusief het grondverzet. Hier liggen voor alle alternatieven kansen om te sturen op een verlaging van





## NOTITIE (VERVOLG)

de MKI-score. Wanneer we de waardes met elkaar vergelijken komt KA2 er het beste uit. De verschillen tussen KA1 en KA3 zijn vergelijkbaar, respectievelijk 139% en 126% ten opzichte van KA2. KA1 en KA3 scoren beide een plus. KA2 scoort een dubbele plus.

Hierbij moet wel vermeld worden dat dit gaat om een vergelijking. Het niet sturen op de MKI waarde komt in de score niet terug. Dit is juist erg belangrijk in de uitwerking van de varianten om tot een duurzaam alternatief te komen. In de volgende fases is het dus belangrijk DuboCalc te blijven gebruiken om tot een nog duurzamer alternatief te komen.

Tabel 3-9: score van criterium 7 verlaging MKI-waarde bij keuzes

Verlaging MKI-waarde bij keuzes	KA1	KA2	KA3
Beoordeling	+	++	+

### 3.3.5 Criterium 8: Verlagen van de CO<sub>2</sub> uitstoot

N.v.t voor deze effectbeoordeling. Zit verwerkt in de MKI-waarde. Dit wordt verder toegelicht bij de kennisleemten, onder 4.1.4.



## NOTITIE (VERVOLG)

### 4 Effectbeschrijving Voorkeursalternatief

Dit hoofdstuk bevat de effectbeschrijving voor het voorlopige voorkeursalternatief. Hierin wordt het voorkeursalternatief beoordeeld aan de hand van de acht criteria. Een overzicht van de scores en algehele conclusie is te vinden in hoofdstuk 5.

#### 4.1 Preventie

##### 4.1.1 Criterium 1: Verkleinen omvang van opgave (optimaliseren)

De doorwerking van de uitgevoerde onderzoeken ter verkleining van de opgave is terug te zien in het voorkeursalternatief. Het inzetten van innovatieve reken- en meetmethoden hebben de opgave sterk verkleind. Zo is bijvoorbeeld bodemonderzoek uitgevoerd in het voorland, wat tot het beperken van de pipingopgave heeft geleid. Het VKA houdt rekening met reststerkte voor de berekening van het buitentalud waardoor geen steenbekleding nodig is. Tevens gebruiken we de innovatie verticaal zanddicht geotextiel om het materiaalverbruik te beperken. Het herstellen van het Hoornwerk naar zijn oorspronkelijke hoogte (uit 1748) draagt ook bij aan het verkleinen van de opgave, door het reduceren van de hoogteopgave naar 0 cm. Beide varianten van het voorkeursalternatief scoren dan ook positief.

#### Conclusie

Er is onderzoek gedaan om de opgave te verkleinen. Optimalisaties en innovaties zijn actief verwerkt in beide varianten van het VKA. De varianten van het VKA scoren daarom positief.

Tabel 4-1: score van criterium 1: verkleinen van de opgave

Verkleinen omvang van opgave	VKA	VKAzp
Beoordeling	+	+

#### 4.2 Waardebehoud

##### 4.2.1 Criterium 2: Verlengen levensduur van bestaande objecten

De levensduur van het bestaande grondlichaam van het VKA wordt 'verlengd' door de dijkversterking. Zo volgt het profiel van het voorkeursalternatief zowel in het landelijk als stedelijk gebied grotendeels de oude dijk, waarbij de kruin zo min mogelijk verschuift. Dit



## NOTITIE (VERVOLG)

wordt onder andere mogelijk gemaakt door het veelvuldig toepassen van oplossingen in grondwerk, wat terug is te zien in het getrapte profiel met (steun)bermen en optimaliseren van taluds.

De levensduur van de bestaande harde constructies in de dijk wordt niet verlengd. Door nieuwe rekenregels kan met de bestaande constructies niet worden voldaan aan ontwerprichtlijnen. In het stedelijke deel tussen de Wageningse Berg en de Rijnhaven wordt in het binnentalud een damwand aangelegd voor stabiliteit binnenwaarts, die plaatselijk ook functioneert als pipingscherm. In het landelijk gebied tussen de Nude en het Hoornwerk wordt een stabiliteitsberm aangelegd van circa 10 meter breed en een verticale pipingoplossing, dat mogelijk als een innovatieve maatregel als zanddicht geotextiel of grofzandbarrière wordt toegepast. Binnendijs wordt op een 5-tal plekken uitgegaan van een damwand voor stabiliteit en piping. Bij de kop van de haven wordt een kistdam aangelegd.

De restlevensduur van het hoornwerk wordt goed benut. Het hoornwerk wordt in zijn geheel met 2 meter opgehoogd, tot de oorspronkelijke hoogte, waardoor de hoogteopgave voor de dijk tot 0 cm is gereduceerd. Echter dient de kistdam alsnog te worden vervangen.

### Conclusie

Het gebruik van de bestaande grondlichamen scoort positief, net als het herstellen van het Hoornwerk. Echter is er ook gekozen om gebruik te maken van verschillende nieuwe harde constructies. Er is wel onderzoek uitgevoerd. Beide varianten van het voorkeursalternatief scoren positief.

Tabel 4-2: score van criterium 2 verlengen levensduur bestaande objecten

Verlengen levensduur van bestaande objecten	VKA1	VKAzp
Beoordeling	+	+

#### 4.2.2 Criterium 3: Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen.

In het voorkeursalternatief is er voor gekozen om veel van grondwerk uit te gaan. Dit is terug te zien in het getrapte profiel, met (steun)bermen. In het VKA draagt de gebiedseigen grond die gebruikt kan worden binnen de opgave vanuit de aanleg van een nevengeul en uit het oude profiel van de dijk een positieve bijdrage aan de grondbalans, en sluit deze voor zand. De variant met zwemplas scoort nog beter, vanwege de extra



## NOTITIE (VERVOLG)

vrijkomende grond uit de te graven zwemplas. Dit betekent dat er weinig grond van elders buiten de opgave aangevoerd hoeft te worden. Onderstaande afbeeldingen geven de grondbalans van de VKA's weer.

Tabel 4-3: : Grondbalans VKA (zonder zwemplas)

	VKA (zonder zwemplas)				
	benodigd in nieuwe dijk	beschikbaar oude profiel dijk (herschikken)	vrijkomend in nevengeul	Benodigd voor ophoging VADA	TOTAAL balans aan-/afvoer grond in m3
teelaarde	88579	67102	13344	0	8133
zand	0	34110	0	16192	-17918
klei cat 3	177950	73347	13344	0	91259
klei cat 2	209071	0	106751	0	102320

Tabel 4-4: : Grondbalans VKA, variant met zwemplas

	VKA, inclusief zwemplas					
	benodigd in nieuwe dijk	beschikbaar oude profiel dijk (herschikken)	vrijkomend in nevengeul	Benodigd voor ophoging VADA	Vrijkomend uit kleine zwemplas	TOTAAL balans aan-/afvoer grond in m3
teelaarde	88579	67102	13344	0	12000	-3867
zand	70000	34110	0	16192	135800	-83718
klei cat 3	107950	73347	13344	0	18000	3259
klei cat 2	209071	0	106751	0	0	102320

Het bestaande hoornwerk wordt uitgebreid om te dienen als volwaardige kering ten behoeve van zowel waterveiligheid als cultuurhistorische waarde. In het voorkeursalternatief zitten echter ook verschillende technische oplossingen die bestaan uit geheel nieuw aan te brengen materialen, zoals de damwanden en kistdam.

### Conclusie

De bestaande harde constructies worden niet hergebruikt, hoewel dit wel onderzocht is. Positief is het hergebruik van het Hoornwerk als volwaardige kering in het voorkeursalternatief. Beide varianten van het voorkeursalternatief passen gebiedseigen grond toe vanuit de nevengeul en het oude profiel van de dijk. De variant met zwemplas scoort hierin positiever.



## NOTITIE (VERVOLG)

Het voorkeursalternatief zonder zwemplas scoort neutraal, omdat de uitwerking niet direct aanstuurt op een gesloten grondbalans. De variant met zwemplas scoort positief.

Tabel 4-5: : score van criterium 3 hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen

Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen	VKA1	VKAzp
Beoordeling	0	+

### 4.3 Waardecreatie

#### 4.3.1 Criterium 4: Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur

Voor het voorkeursalternatief is geen materialenpaspoort opgesteld, ingericht of een voorzet hiervoor gedaan met bijvoorbeeld een kernlijst. Tevens is er geen onderzoek gedaan naar de toepassing van her te gebruiken en herbruikbare materialen, zoals asfalt of damwanden. Op dit criterium ligt nog veel ruimte voor verbetering.

#### Conclusie

Het grondstoffenpaspoort (of een vergelijkbare toepassing) is niet in de werkwijze opgenomen en zijn er geen onderzoeken gedaan naar de toepassing van her te gebruiken en herbruikbare materialen. Hierdoor scoren het voorkeursalternatief en variant met zwemplas beiden negatief.

Tabel 4-6: : score van criterium 4 herbruikbaarheid van materialen na levensduur

Herbruikbaarheid van materialen na levensduur	VKA1	VKAzp
Beoordeling	-	-

#### 4.3.2 Criterium 5: Mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief vermogen)

Het voorkeursalternatief is voortgekomen uit een uitgebreid en actief omgevingsproces om meerwaarde te creëren. Zo is in de verkenningsfase onderzocht welke kansen er vanuit gewenste ontwikkelingen rondom de Grebbedijk meegenomen kunnen worden op het gebied van waterveiligheid, natuur, infrastructuur, economie, recreatie, landschap en duurzaamheid. Omgevingsparticipatie speelde hierin een grote rol. In de



## NOTITIE (VERVOLG)

alternatievenontwikkeling zijn gebiedsambities op verschillende niveaus ingevuld, waardoor deze in meer of mindere mate in de alternatieven en vervolgens het voorkeursalternatief zijn opgenomen.

Het voorkeursalternatief richt zich qua gebiedsambities op het verbinden en de ontwikkeling van natuurgebieden, het versterken van recreatief medegebruik op en rondom de dijk voor wandelaars, hardlopers, natuurliefhebbers en waterrecreanten, verbinding tussen stad en uiterwaarden en het herstellen van de cultuurhistorische waarde bij het Hoornwerk. Ook anticipeert het voorkeursalternatief op toekomstige ontwikkelingen in het project door ruimte te houden voor het realiseren van benodigde leidingen voor Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) in combinatie met nieuwbouw bij de Rijnhaven en de Nude. Gesteld kan worden dat het voorkeursalternatief een groot deel van de gebiedsambities invult voor natuur en een recreatief fiets-/wandelverkeer en in mindere mate voor waterrecreatie en duurzaamheid. Met de natuur-/zwemplas in de variant op het voorkeursalternatief krijgen waterrecreatie en klimaatadaptatie, als veilige verkoelingsmogelijkheid voor de stad, duidelijk meer ruimte in vergelijking met het voorkeursalternatief. Hoewel er elders in het gebied ook ruimte voor natuurontwikkeling wordt gecreëerd, is de driehoek als bezet geschikt gebied voor de Kwartelkoning en Porseleinhoen aangewezen. Dit betekent dat rekening gehouden moet worden met het feit dat bij significante negatieve effecten door een ingreep, in dit geval de zwemplas, een ADC-toets doorlopen moeten worden. Voor de porseleinhoen is de zwemplas echter een positieve verbetering, aangezien deze natte voeten preferereert. Voor de kwartelkoning is dit omgekeerd en betreft dit droge voeten. Vanuit natuurdoeleinden geeft dit dus een mogelijke beperking op toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen. Echter, vanuit circulair oogpunt biedt ook de zwemplas toekomstbestendigheid.

### Conclusie

De gebiedsambities zijn uitgebreid onderzocht middels een actief omgevingsproces. Het VKA geeft invulling aan de projectdoelstellingen en aan de ambities voor natuur, recreatie en duurzaamheid. In de variant met zwemplas is extra aandacht voor waterrecreatie en klimaatadaptatie. Hierbij is gekozen voor een vervlechting van recreatie en natuurfuncties in de driehoek. Beide varianten creëren duidelijk meerwaarde, en anticiperen bovendien op toekomstige ontwikkelingen. Verschillende gebiedsambities voor waterrecreatie zijn vanwege te grote impact op het Natura 2000 gebied niet opgenomen in het voorkeursalternatief. In de variant met zwemplas is hier wel ruimte voor gemaakt, waardoor in de driehoek naast natuurdoelen ook recreatieve doeleinden ontwikkeld worden. De variant met kleine zwemplas scoort daarom voor circulariteit iets beter en krijgt een ++. Echter dient rekening gehouden te worden met de haalbaarheid van de



## NOTITIE (VERVOLG)

zwemplas als toekomstige ontwikkeling, vanwege de toetsing aan de wet natuurbescherming. Het voorkeursalternatief scoort een +.

Tabel 4-7: score van criterium 5 mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief)

Mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief)	VKA1	VKAzp
Beoordeling	+	++

### 4.3.3 Criterium 6: Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud

Om een eerlijke vergelijking te maken zijn de levensduurkosten van het voorkeursalternatief vergeleken met de kansrijke alternatieven. Op die manier geven we aan of er optimalisaties in het VKA doorgevoerd zijn. De gegevens betreffen enkel de dijk, aangezien in de LCC de gebiedsambities niet worden meegenomen. Interpretaties over de variant met kleine zwemplas zijn dus niet mogelijk. Onderstaande tabel geeft de levensduurkosten weer.

Tabel 4-8: Overzicht van de levensduurkosten (100 jaar) van het VKA in vergelijking tot de kansrijke alternatieven, exclusief gebiedsambities.

	KA1	KA2	KA3	VKA (zonder zwemplas)
<b>Benoemde directe levensduurkosten</b>	<b>€ 16,58</b>	<b>€ 7,66</b>	<b>€ 19,21</b>	<b>€ 12,47</b>
Nader te detailleren levensduurkosten	€ 2,49	€ 1,15	€ 2,88	€ 1,87
Indirecte levensduurkosten	€ 6,43	€ 2,97	€ 7,46	€ 4,84
<b>Voorziene levensduurkosten</b>	<b>€ 25,50</b>	<b>€ 11,77</b>	<b>€ 29,55</b>	<b>€ 19,18</b>
Risicoreservering	€ 3,83	€ 1,77	€ 4,43	€ 2,88
Scheefte	€ 1,93	€ 0,86	€ 2,41	€ 1,51
BTW totaal	€ 6,50	€ 3,00	€ 7,57	€ 4,90
<b>Levensduurkosten incl. BTW</b>	<b>€ 37,76</b>	<b>€ 17,40</b>	<b>€ 43,96</b>	<b>€ 28,47</b>
<b>Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten</b>	<b>€ 0,38</b>	<b>€ 0,18</b>	<b>€ 0,44</b>	<b>€ 0,29</b>

De directe levensduurkosten van het VKA liggen tussen de kansrijke alternatieven 2 en 3. De grote kostenpost in onderhoud zijn hierin de vervangingskosten van de constructies (Damwand, Heavescherm, kistdam). Het VKA scoort met 163% een 0.

### Conclusie

Het VKA scoort lager dan KA2 en komt uit op een 0. Dit komt mede vanwege de constructies.



## NOTITIE (VERVOLG)

Tabel 4-9: score van criterium 6 minimale benodigde inspanning beheer en onderhoud

Minimale benodigde inspanning beheer en onderhoud	VKA1	VKAzp
Beoordeling	0	n.v.t.

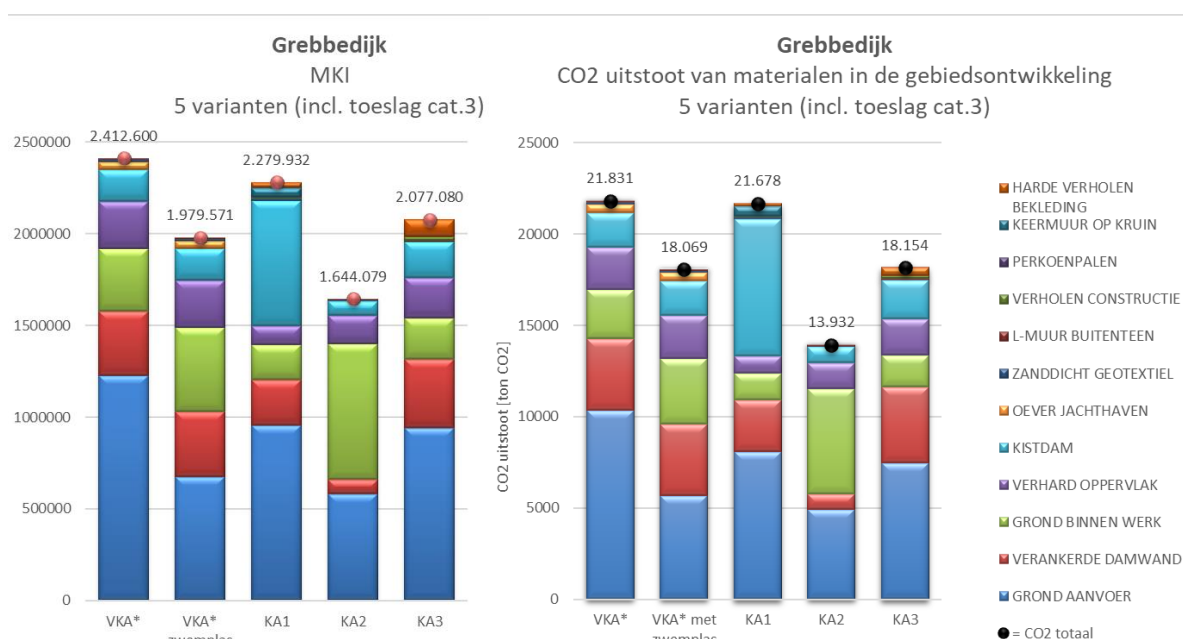
### 4.3.4 Criterium 7: Verlagen van de MKI-waarde berekening bij maken keuzes

Om een eerlijke vergelijking te maken zetten we de MKI waarden naast de waarden van de kansrijke alternatieven. Op die manier geven we aan of er optimalisaties in het VKA doorgevoerd zijn. De beide VKA's zijn in DuboCalc uitgewerkt. In Tabel 4-1010 staan de MKI-waarden van alle kansrijke alternatieven naast het VKA met en zonder kleine zwemplas. Het enige verschil tussen de VKA's is het toevoegen van de zwemplas.

Tabel 4-10 MKI in euro's van het voorkeursalternatief en het voorkeursalternatief met zwemplas.

	KA1	KA2	KA3	VKA	VKAzp
MKI in euro's	2.279.932	1.644.079	2.077.080	2.412.600	1.979.571
CO <sub>2</sub> in tonnen	21.678	13.932	18.154	21.831	18.069

In onderstaand figuur zijn de milieukosten en CO<sub>2</sub> uitstoot van het materiaalgebruik van de verschillende alternatief visueel weergegeven.



Figuur 4-1 MKI-waarde en CO<sub>2</sub> uitstoot van de kansrijke alternatieven naar het voorkeursalternatief met en zonder zwemplas.





## NOTITIE (VERVOLG)

De figuur geeft aan dat het VKA de hoogste MKI-waarde en CO<sub>2</sub> uitstoot heeft in vergelijking met de kansrijke alternatieven. De waarden van MKI en CO<sub>2</sub> van het VKA liggen zeer dicht bij kansrijk alternatief 1. Te zien is dat de helft is toe te rekenen aan grond aan- en afvoer.

Dit komt doordat er relatief veel grond aangevoerd moet worden. Er wordt over de gehele lengte een buitenkruin aangelegd en er komt relatief weinig grond vrij bij de gebiedsambities. Ook de verharding op de getrapte kruin geeft een verhoging van de MKI waarde.

Indien aan het VKA de zwemplas in de Driehoek toegevoegd zou worden scoort het alternatief veel beter, met waardes die uitkomen tussen kansrijke alternatieven 2 en 3. Dit verschil is te verklaren aan de hand van de grond die vrijkomt uit de te graven zwemplas. Dit heeft een positief effect op de MKI-waarde van de variant met zwemplas, omdat er minder grond afgevoerd hoeft te worden. In het VKA met zwemplas is tevens nog een optimalisatie doorgevoerd in de grondbalans, door een deel van de aanvoer van klei te vervangen door vrijkomend zand uit de zwemplas. In de keuze van materialen is in beide VKA varianten niet gestuurd op het verlagen van de MKI waarde vanuit de kansrijke alternatieven. Het grootste aandeel van de MKI zit voor beide varianten van het VKA in de bouwfase.

### Conclusie

Het VKA met zwemplas heeft een aanzienlijk lagere MKI waarde dan het VKA zonder zwemplas. Dit verschil is toe te rekenen aan de vrijkomende grond uit de te graven zwemplas die een positieve invloed heeft op de grondbalans. De optimalisatie door een deel van de aanvoer van klei te vervangen voor zand draagt bij aan verminderde aan- en afvoer van grond. Het VKA komt in vergelijking met KA2 uit op 146%, wat nog net een plus scoort. De variant van het VKA met zwemplas komt uit op 120%, waardoor deze variant een dubbele plus scoort.

Tabel 4-11: score van criterium 7 verlaging MKI-waarde bij keuzes

Verlaging MKI-waarde bij keuzes	VKA1	VKAzp
Beoordeling	+	++

### 4.3.5 Criterium 8: Verlagen van de CO<sub>2</sub> uitstoot

N.v.t voor deze effectbeoordeling. Zit verwerkt in de MKI-waarde. Dit wordt verder toegelicht bij de kennisleemten, onder 4.1.4.



## NOTITIE (VERVOLG)

### 5 Conclusie

De algehele conclusie voor wat betreft circulariteit is in tabelvorm hieronder weergegeven van zowel de alternatieven als het voorkeursalternatief.

Tabel 5-1: Totaalscore van Circulariteit

Circulariteit	KA1	KA2	KA3	VKA1	VKA <sub>zp</sub>
1: Verkleinen omvang van opgave	+	+	+	+	+
2: Verlengen levensduur van bestaande objecten	+	0	+	+	+
3: Hergebruik van bestaande objecten, componenten & materialen	0	+	+	0	+
4: Herbruikbaarheid van materialen na levensduur	-	-	-	-	-
5: Mogelijk maken van toekomstige ontwikkelingen (adaptief)	0	+	++	+	++
6: Minimale benodigde inspanning beheer en onderhoud	--	++	--	0	n.v.t.
7: Verlaging MKI-waarde bij keuzes	+	++	+	+	++
8: Verlagen van de CO <sub>2</sub> uitstoot	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

#### Alternatieven

In de tabel is te zien dat KA2 en KA3 de meeste positieve scores hebben op de criteria. KA3 scoort volledig positief op de onderwerpen preventie en waardebehoud. KA3 scoort wel negatief op herbruikbaarheid van materialen na levensduur en de beheer en onderhoudskosten. Op herbruikbaarheid na levensduur scoren de andere alternatieven ook negatief omdat er in deze fase geen rekening gehouden is met dit aspect. Deze kan wel makkelijk verbeteren door in de verdere uitwerkingen altijd de herbruikbaarheid van toegepaste materialen mee te nemen in de keuzes en uiteindelijk vast te leggen in de materialenpaspoort. De beheer en onderhoudskosten voor KA2 vallen zeer positief uit omdat dit allemaal grondoplossingen zijn. De onderhoudskosten zijn daarom erg laag en deze trekt de andere twee varianten helemaal naar beneden in de score. KA1 en KA3 verschillen niet veel van elkaar in de levensduurkosten. Het is wel aan te bevelen om bij de verdere uitwerking kritisch naar de invulling te blijven kijken voor eventuele optimalisaties hierin.

KA2 heeft maar één negatieve score op een criterium. Grondoplossingen zijn dan ook een duurzame oplossing. Het verschil met KA3 zit vooral bij de invulling van de gebiedsambities die voor een betere toekomstbestendigheid en gebruik van bestaande waarden zorgen. KA1 komt het laagste uit de analyse met drie keer een negatieve score.



## NOTITIE (VERVOLG)

### Voorkeursalternatieven

In de overzichtstabel is te zien dat de variant op het voorkeursalternatief inclusief kleine zwemplas er in totaal positiever uitkomt. De verschillen zijn zichtbaar in de scores van criteria 3, 5 en 7. Voor de criteria 3 en 7 heeft dit te maken met het verschil in gebiedseigen grond dat vrijkomt met het graven van de zwemplas, waardoor minder grond van elders buiten de opgave benodigd is voor de dijkversterking en ophoging van Vada. Daarnaast biedt de kleine zwemplas in deze variant meer ruimte voor waterrecreatie en klimaatadaptatie, door het bieden van verkoeling voor inwoners uit de stad. Echter betekent dit wel dat het bezet gebied van de Kwartelkoning verkleind wordt en dient men daardoor rekening te houden met de haalbaarheid van de zwemplas als toekomstige ontwikkeling, vanwege de toetsing aan de wet natuurbescherming. De levensduurkosten komen voor het VKA uit op een 0, maar voor de gebiedsambities is dit niet berekend. Helaas is er met het VKA nog geen optimalisatie doorgevoerd met een grondstoffenpaspoort, beide VKA's scores hierin negatief.

### Totaalvergelijking

Met name het VKA met zwemplas lijkt vanuit circulair perspectief een goede mix van de kansrijke alternatieven. Deze variant kan een basis bieden voor optimalisatie, met kansen voor de uitwerking van een grondstoffenpaspoort ten behoeve van herbruikbaarheid van materialen na levensduur, het verder optimaliseren van de grondbalans en in de keuzes van materiaalgebruik. Tevens is het gewenst om de levensduurkosten met gebiedsambities in kaart te brengen. Het VKA zonder zwemplas heeft van alle vijf de varianten de laagste scores voor de MKI waarde en CO<sub>2</sub> uitstoot. De levensduurkosten komen gemiddeld uit, en liggen boven KA2 maar onder de levensduurkosten van KA3 en KA1. De synergie met mee te koppelen gebiedsambities lijkt in hierin vooral gezocht binnen het medegebruik op de dijk en ten behoeve van de omliggende natuur. Echter is een vergelijking van alle varianten lastig te beoordelen.



## NOTITIE (VERVOLG)

### 6 Leemten in kennis

#### 6.1.1 Criterium 4: Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur

De herbruikbaarheid van Geotextiel is onduidelijk: Kan dit na levensduur nog uit de grond en zo ja, wat kan je er dan nog mee?

#### 6.1.2 Criterium 6 Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud

De levensduurkosten zijn alleen berekend voor de dijk. Het beheer en onderhoud voor de gebiedsambities zijn niet meegenomen, door ontbrekende gegevens. Een afweging hierover moet in een later stadium gemaakt worden.

#### Beheer en onderhoudsinspanningen

Er is slechts beperkt ervaring met het toepassen van een grindkoffer (KA3) en de effecten op het beheer en onderhoud. De vormgeving van de grindkoffer is bepalend voor de omvang van het beheer en onderhoud. Er is bijvoorbeeld geen ervaring met hoe een grasmat zich op een grindkoffer ontwikkelt, of hoe deze onkruidvrij gehouden kan worden.

#### 6.1.3 Criterium 7: Verlagen van de MKI-waarde

#### CO<sub>2</sub>-uitstoot materialen

DuboCalc is gebruikt om de milieueffecten van materiaalgebruik te bepalen. DuboCalc is een database waar niet alle materialen direct in terug te vinden zijn. Daarom is soms nagedacht over invulling met een andere vorm van een materiaal of een soortgelijk materiaal waar wij wel van verwachten dat de uitstoot overeenkomt. Er is ook een deel van de materialen dat helemaal niet te beoordelen is omdat er geen goed alternatief in DuboCalc staat. Hieronder staat een tabel met de materialen die door middel van een alternatief zijn weergegeven.

Materiaal	Materiaal aangehouden in DuboCalc
Verticaal zanddicht geotextiel	Polyethyleen weefsel
Stalen verankering voor damwand/kistdam	Groutankers
Perkoenpalen	Vuren, grenen, larix
Grindkoffer	Menggranulaat 200 mm

Tevens is het in DuboCalc beperkt mogelijk om grond binnen werk te modelleren. In de database staat alleen werk met werk voor zand maar niet voor de andere grondsoorten. Omdat dit een behoorlijke impact heeft op de totale MKI scores en daarmee de CO<sub>2</sub>-



## NOTITIE (VERVOLG)

uitstoot heeft dit veel invloed op de uitkomsten. Nu is alleen de transportafstand van deze materialen op 0,1 gezet. Andere aspecten blijven gelijk met grond die van andere locaties komt.

DuboCalc neemt aannames voor het gebruik van machines. Deze zijn niet te veranderen in DuboCalc. Voor de uiteindelijke uitvoering kunnen de resultaten heel anders uitvallen.

Voor de effectbeoordeling is uitgegaan van de kostenraming versie 2 van 18 april 2019. Ten tijde van het opstellen was de kostenraming voor de gebiedsambities nog niet uitgewerkt. Deze zijn dus in de effectbeoordeling niet meegenomen. Het grondwerk van de gebiedsambities was al wel bekend en is verwerkt in DuboCalc. Voor de totale score zijn de technische oplossingen en verhardingen in het gebied (nog) niet verwerkt. In de volgende fases nemen we deze input mee.

In de vergelijking van het VA zijn de MKI-waardes van de KA als uitgangspunt genomen. Wanneer we alleen uitgaan van de twee VA geeft dit altijd een positieve score. Door te vergelijken met de KA is goed te zien of er nog eventuele optimalisaties meegenomen zijn en wat de impact van de keuzes zijn op de MKI-waarde van de VA.

Voor de vergelijking van de voorkeursalternatieven met de kansrijke alternatieven is het verhard oppervlak niet meegenomen. Hierdoor is de MKI niet volledig. In de tekst is de volledige MKI wel weergegeven maar de MKI van de voorkeursalternatieven waren hierdoor bijna twee maal zo hoog. De vergelijking gaat tussen de varianten waarbij het verhard oppervlak van het VA en VAzp er (bijna) niet in zit.

### *6.1.4 Criterium 8: Verlagen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot*

De aanlegfase is niet los te koppelen uit Dubocalc. Dit zou wel gewenst zijn, om hard te sturen op het werkproces. Je kunt alleen de bouwfase apart analyseren, maar hier zit nu bijvoorbeeld ook nog de productiefase bij in.



## NOTITIE (VERVOLG)

### 7 Optimalisatiemogelijkheden

#### 7.1.1 Algemene opzet

Voor de Grebbedijk wordt circulariteit in de alternatieven voor het eerst beoordeeld in fase 2. Dit betekent dat vanuit zeef 1 niet gestuurd is op optimalisatieruimte vanuit circulaire principes. Wanneer circulaire principes al vanaf zeef 1 gehanteerd en beoordeeld worden, dan ontstaat optimalisatieruimte in zeef 2 en zijn de alternatieven daarmee ten opzichte van elkaar beter te vergelijken. Dit zal uiteindelijk kunnen leiden tot het volwaardig afwegen van circulariteit in de opgave.

#### 7.1.2 Criterium 1: Verkleinen van de omvang van de opgave

Kans: Vegetatie in uiterwaarden om golfoploop te beperken. Zo is de ontwikkeling van ooibos in alle alternatieven opgenomen, maar niet gebruikt om dijkopgave te verkleinen.

#### 7.1.3 Criterium 3: Hergebruik van bestaande objecten, componenten en materialen

Onderzoeken of vrijkomende materialen, zoals het staal vanuit bestaande damwandscherm, of materialen uit de kistdam, hergebruikt kunnen worden na levensduur.

Er is een advies opgesteld met betrekking tot de mogelijkheden om de grondbalans van de drie alternatieven geheel gesloten te krijgen. Dit is mogelijk door een andere herinrichting te kiezen in de uiterwaarden. Dit advies kan worden gebruikt om de grondbalans van een voorkeursalternatief sluitend te maken.

#### 7.1.4 Criterium 4: Herbruikbaarheid van materialen na einde levensduur

Onderzoeken mogelijkheden voor vrijkomende grond na levensduur en materialen zoals asfalt of damwanden.

Grindkoffer: bij het eruit graven is dat op zichzelf herbruikbaar, maar de uitgraving is complex door grondwater dat wordt onttrokken (beheersmaatregelen vereist, etc.). Door de grindkoffer zo aan te passen dat na afdekken deze toch makkelijk verwijderd kan worden kan dit mogelijk geoptimaliseerd worden.

Materialenpaspoort opstellen om materiaalkeuzes te herzien en eventueel aan te passen.



## NOTITIE (VERVOLG)

Kistdam scoort slecht i.v.m. staal. Kijken of er alternatief is of zo uitvoeren dat het beton beter herbruikbaar is.

### *7.1.5 Criterium 6 Minimale benodigde inspanning voor beheer en onderhoud*

Het maaiwerk op de steile taluds bij het Hoornwerk kan mogelijk geoptimaliseerd worden.

De drain in de binnenberm en de grindkoffer (KA3) kunnen naar verwachting gecombineerd worden. Hierdoor neemt de robuustheid van het systeem toe en is minder inspanning nodig op beheer en onderhoud. Dit beïnvloedt de eindbeoordeling echter niet.

Door het minimaliseren van het aantal overgangen en aantal constructies kan het beheer en onderhoud versimpeld worden.

### *7.1.6 Criterium 7: Verlagen van de MKI waarde*

De grondbalans optimaliseren kan een behoorlijke verbetering geven in de MKI waarde aangezien de het grootste deel van de MKI waarde veroorzaakt wordt door de aanvoer (en afvoer) van grond.

Ook kan men kritisch kijken naar het gebruik van de materialen voor de technische oplossingen. In staal zijn bijvoorbeeld keuzes te maken waar je het vandaan haalt (niet uit China) en misschien waar mogelijk hergebruikt staal toepassen uit andere projecten. Dit geeft een goede verbetering op de MKI waarde maar dit is helaas niet in DuboCalc te berekenen.

Ook de keuze van het asfalt maakt veel uit op de MKI-waarde. In de uitwerking van het VKA is te zien dat het aandeel van de MKI veroorzaakt door het verhard oppervlak groot is door de getrapte kruin. Er is nu gekozen voor een standaard asfalt maar in de planuitwerking zou hiervoor een andere keuze gemaakt kunnen worden.



## NOTITIE (VERVOLG)

### 8 Discussie over methodiek

#### 8.1.1 Opbouw scoresysteem criteria 6, 7, 8

In het Circulariteitsmodel is er in criteria 6, 7, en 8 voor gekozen dat het huidige scoresysteem stuurt op vergelijking en onderscheid ten opzichte van elkaar. Hierdoor maken we de impact op duurzaamheid niet direct zichtbaar. Het beste alternatief scoort automatisch een ++, wat wellicht onterecht suggereert dat het alternatief heel erg duurzaam is of kan worden. Uitgangspunt voor de beoordeling blijft natuurlijk om te sturen op het zo laag mogelijk krijgen van de levensduurkosten, MKI-waarde of CO<sub>2</sub>-uitstoot.

Een aandachtspunt is dat je goed kijkt naar de potentie van alternatieven en optimalisatiemogelijkheden voor volgende fasen. Tevens dien je te voorkomen dat er geen vertekend beeld ontstaat in het overzicht van totaalscores, waarin de onderliggende onderbouwing per criterium op de achtergrond komt te liggen.

#### 8.1.2 Specifieke beoordelingswijze per fase

In het Circulariteitsmodel is (nog) een algemene beoordelingswijze opgenomen voor het beoordelen van alternatieven. Echter biedt de methodiek potentie om het model in meerdere fasen van een project te gebruiken en tevens samenhang te creëren tussen de fasen. Daarvoor is het gewenst dat de beoordelingswijze meer specifiek wordt beschreven en ingericht in de handleiding van het Circulariteitmodel. Denk hierbij aan het definiëren van de verschillende fasen en hierin het leggen van de koppeling naar passende uitwerkingsniveaus voor de criteria. Het is wenselijk hiervoor af te stemmen welke fasen gebruikelijk zijn in HWBP projecten, of hiervoor aan te sluiten bij de MER. De samenhang tussen fasen volgt uit de ruimte die ontstaat voor optimalisatiemogelijkheden in de opvolgende fasen.

Bovenstaande geldt bijvoorbeeld voor de toepassing van het grondstoffenpaspoort in criterium 4. In de verkenningsfase van een project zal vanwege het beperkte detailniveau van alternatieven nog in weinig gevallen een volledig materialenpaspoort zijn uitgewerkt. Dit zegt echter niet dat een alternatief geen potentie heeft voor een hoge herbruikbaarheid na einde levensduur, maar dit is lastig meetbaar te maken zonder een grondstoffenpaspoort (of vergelijkbare werkwijze). In de verkenningsfase kan echter wel al worden nagedacht over keuzes voor invulling voor het materialenpaspoort en kunnen de eerste aspecten worden ingericht ten behoeve ervan, wat al wel beoordeeld kan worden. Er kan voor alternatieven bijvoorbeeld een soort kernlijst gebruikt worden als opzet voor





## NOTITIE (VERVOLG)

een materialenpaspoort, wat door ontwikkeld kan worden in latere fasen. Hierin zijn de lengte en einde levensduur van objecten en materialen erg belangrijk.

### 8.1.3 Toepassing criterium 8

De CO<sub>2</sub>-uitstoot voor de aanleg- en gebruiksfase is een onderdeel van de MKI-waarde uit criterium 7. Echter is het in dit Circulariteitsmodel wenselijk om deze fasen apart mee te nemen om hier specifiek op te sturen. In de praktijk blijkt dit echter (nog) niet mogelijk met het DuboCalc. De CO<sub>2</sub>-uitstoot van de aanleg- en gebruiksfase maken in DuboCalc namelijk onderdeel uit van de bouwfase en onderhoudsfase, waarin ook andere aspecten zijn opgenomen. In DuboCalc valt onder de bouwfase bijvoorbeeld ook de productie en is in de onderhoudsfase ook het beheer opgenomen.

Om wel bovengenoemd onderscheid te kunnen maken zou een toegevoegde functie in DuboCalc, voor het uitsplitsten van meerdere fasen, mogelijkheden kunnen bieden. Dit dient met de makers van DuboCalc besproken te worden. Bij afwezigheid van een oplossing nemen we criterium 8 in deze fase niet mee, om overlap (uit dubbele resultaten van de aanleg- en gebruiksfase) te voorkomen. Aandachtspunt hierbij is dat er wel aandacht blijft voor de impact van de aanleg- en gebruiksfase en nagedacht wordt over optimalisaties. De uitvraag naar de aannemer biedt de mogelijkheid hier direct op te sturen.

### 8.1.4 Visualisatie van model

De visualisatie van het model wordt momenteel uitgewerkt.



## NOTITIE (VERVOLG)

### 9 Bronnen

Dijcker, R., Crielaard, M., Schepers, O. (2018). Circulair Ontwerpen in het MIRT-proces (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport): Handelingsperspectieven voor beleidsmakers, adviseurs, ontwerpers en beheerders, Witteveen+Bos in opdracht van Rijkswaterstaat, Deventer

Platform CB'23 (2019), Leidraad voor het toepassen van Paspoorten voor de Bouw. Conceptversie voor consultatie, april 2019.

Grebbedijk Wageningen kansrijke alternatieven + dijkprofielen 16 april 2019

17M3041-R-026-v2\_Kostennotitie Grebbedijk Zeef 2\_v2



## NOTITIE (VERVOLG)

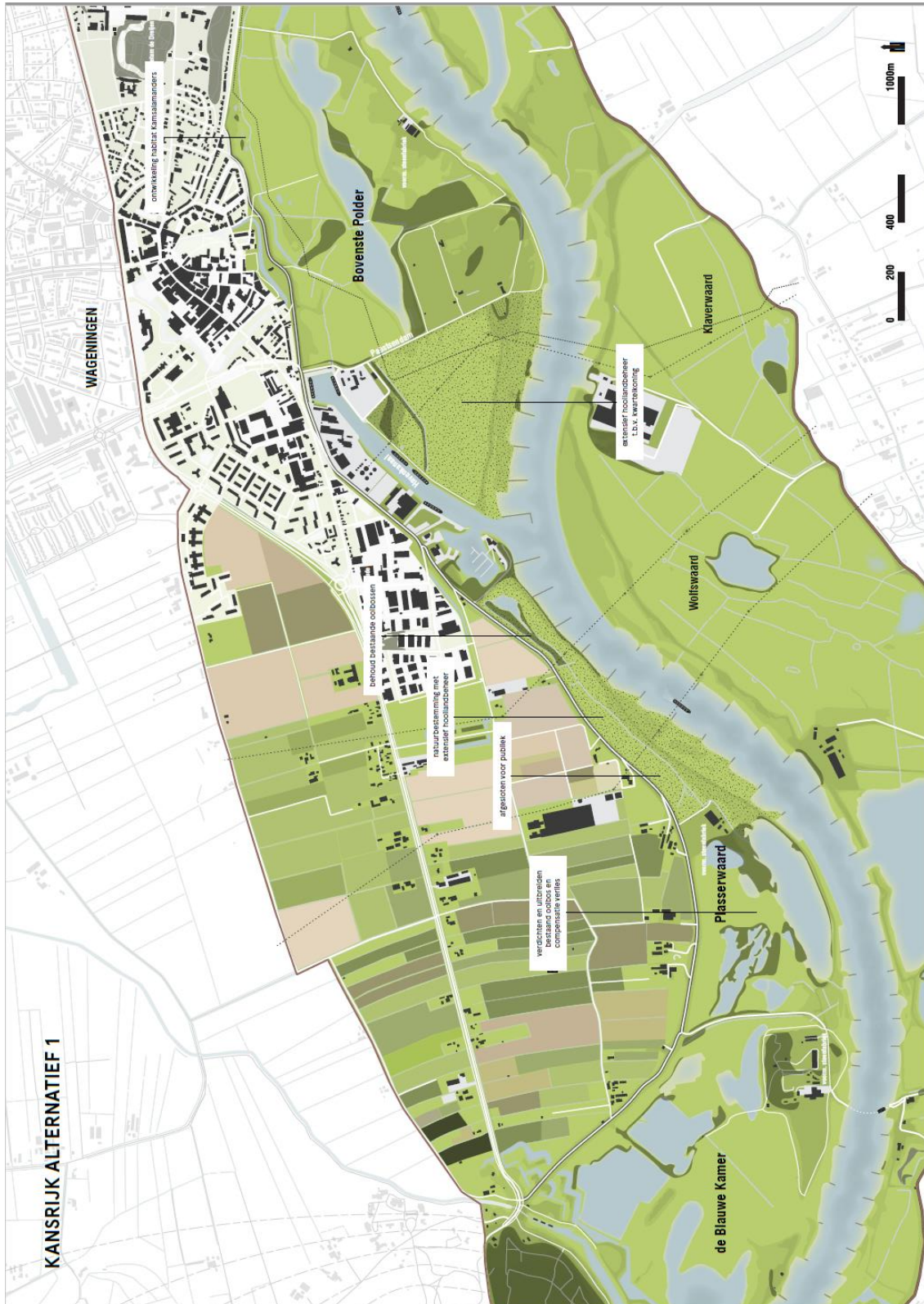
### 10 Bijlagen

- Kansrijk alternatief 1
- Kansrijk alternatief 2
- Kansrijk alternatief 3
- Kansrijk alternatief 3, met verplaatsing Bruil
- Voorlopig voorkeursalternatief
- Voorlopig voorkeursalternatief, met kleine zwemplas



## NOTITIE (VERVOLG)

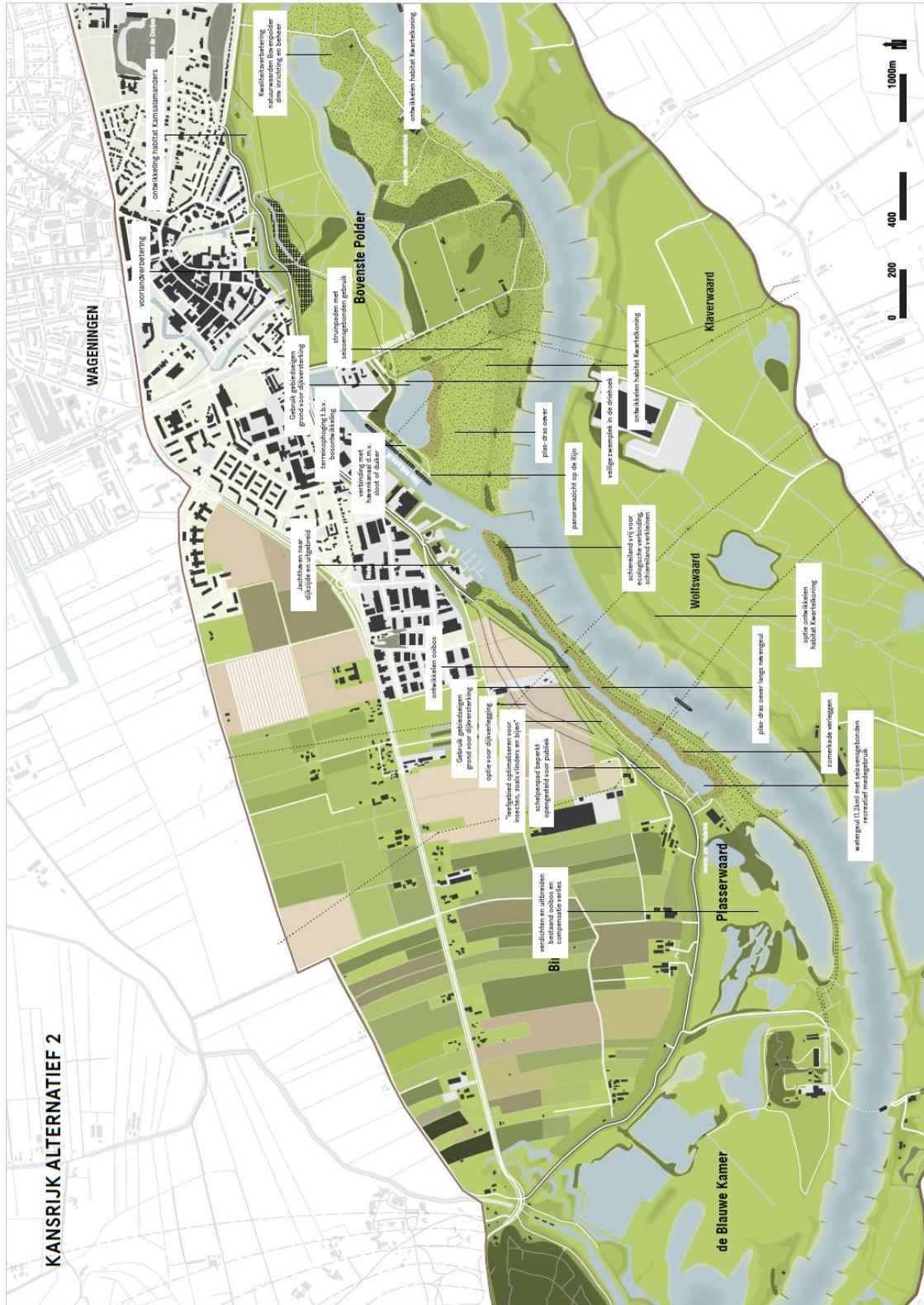
Kansrijk alternatief 1





## NOTITIE (VERVOLG)

### Kansrijk alternatief 2

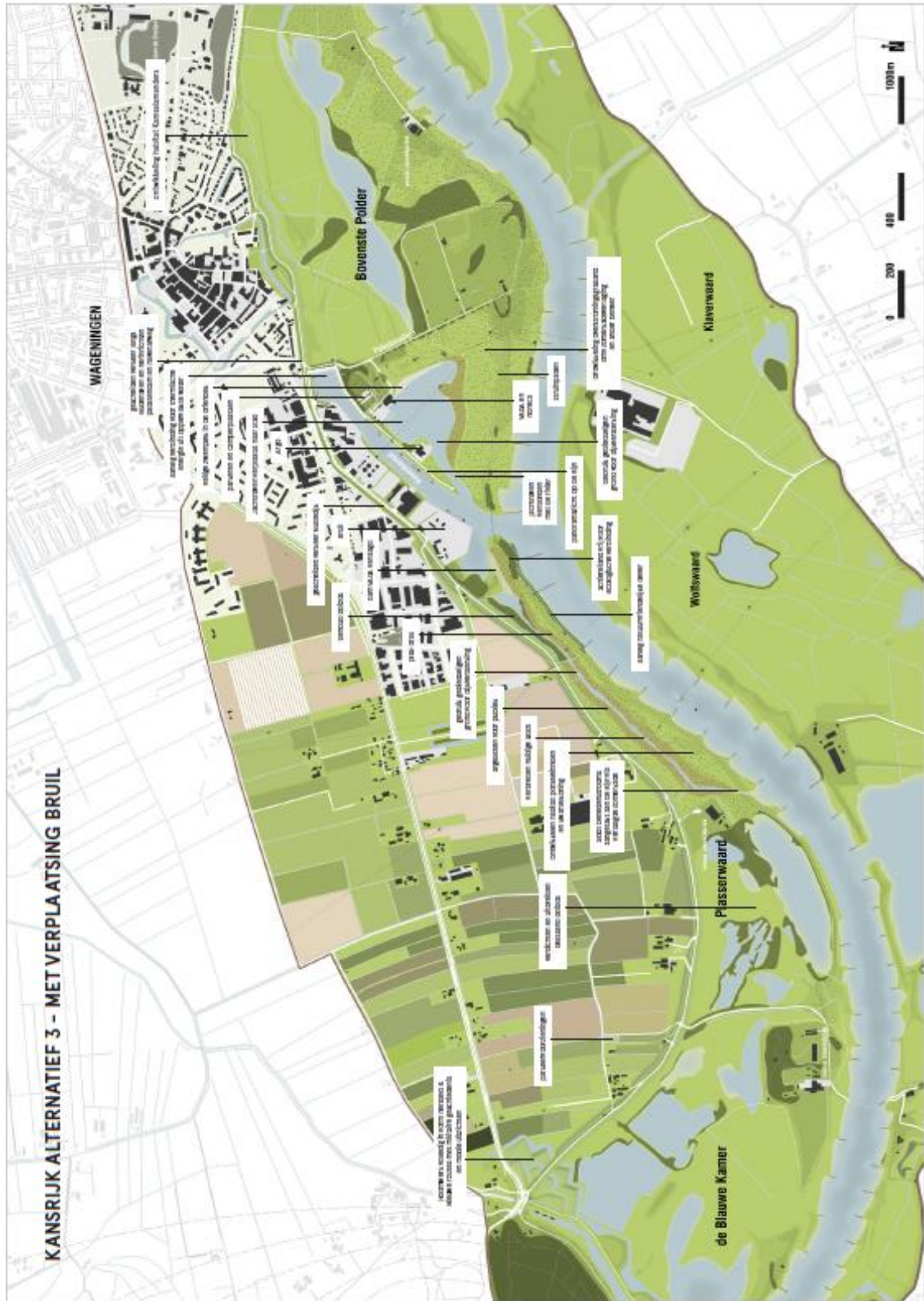






## NOTITIE (VERVOLG)

Kansrijk alternatief 3, met verplaatsing Bruil





## NOTITIE (VERVOLG)

Voorlopig voorkeursalternatief







## NOTITIE (VERVOLG)

### Variant Voorkeursalternatief met kleine zwemplas

Uitgangspunt is het voorkeursalternatief, zoals weergegeven op de vorige pagina, met onderstaande invulling van de driehoek.

