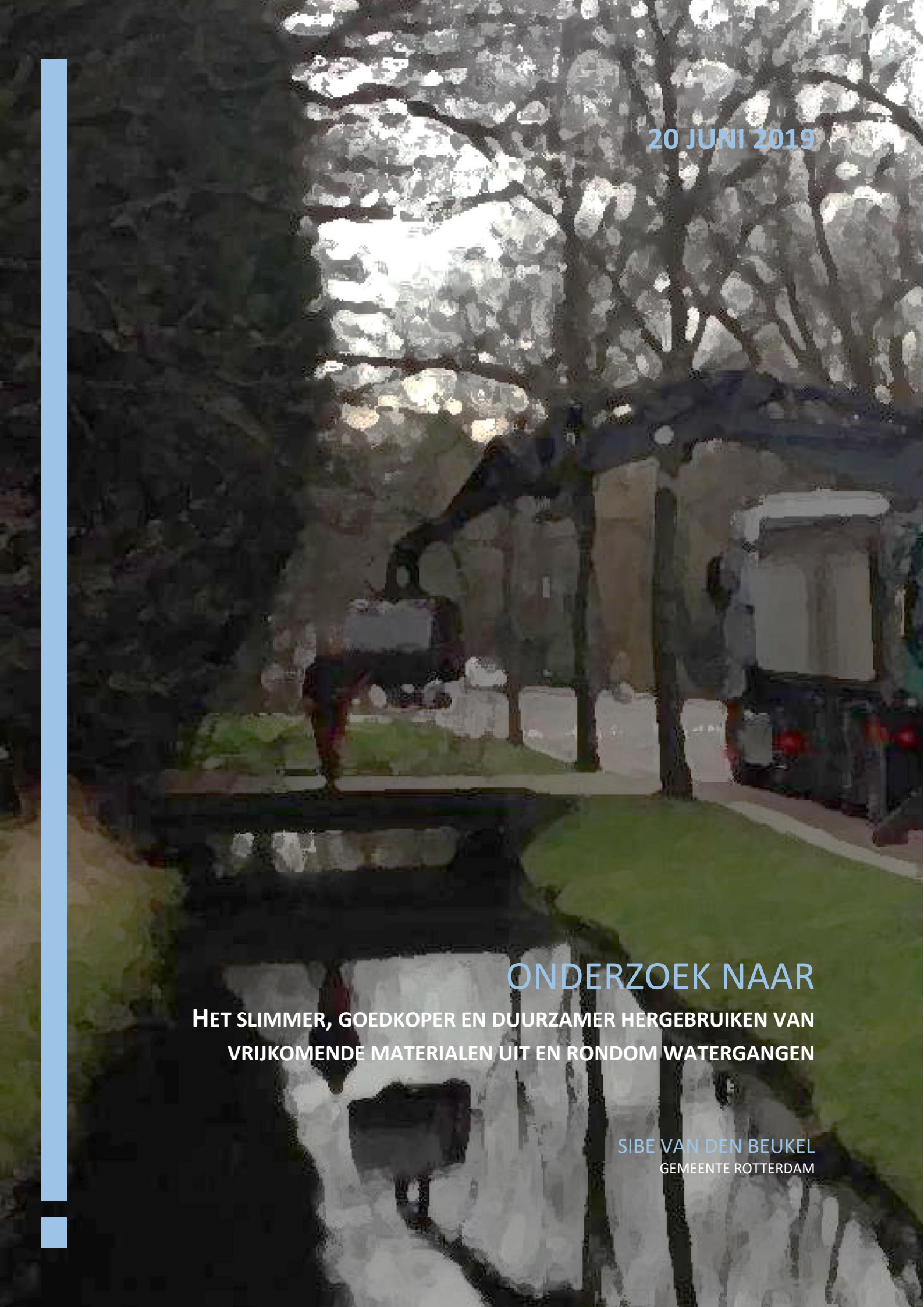




20 JUNI 2019

ONDERZOEK NAAR

HET SLIMMER, GOEDKOPER EN DUURZAMER HERGEBRUIKEN VAN VRIJKOMENDE MATERIALEN UIT EN RONDOM WATERGANGEN

SIBE VAN DEN BEUKEL
GEMEENTE ROTTERDAM

Afstudeeronderzoek naar:

Het slimmer, goedkoper en duurzamer hergebruiken van vrijkomende materialen uit en rondom watergangen.

Document: Afstudeerscriptie

Status: Definitief

Versie: 1.0

Auteur: Sibe van den Beukel

Contactgegevens:

Afstudeer bedrijf: Gemeente Rotterdam

Adres: Wilhelminakade 179, 3072 AP Rotterdam

Afdeling: Stadsbeheer, beheer water en riolen

HBO school: Hogeschool Rotterdam

Adres: G.J. de Jonghweg 4-6, 3015 GG Rotterdam
Academieplein

Opleiding: Watermanagement

Begeleiding:

Gemeente Rotterdam: Tamara Labrovic – Hoogland

Hogeschool Rotterdam: Annebeth Loois

Voorwoord

Beste lezer,

Dit document betreft het eindproduct dat is gevormd door onderzoek te doen naar slimmer, goedkoper en duurzamer hergebruiken van vrijkomende materialen uit en rondom watergangen. Deze studie is gedaan aan het einde van een vierjarig traject van de bachelor watermanagement als afstudeeronderzoek. De gemeente Rotterdam heeft de mogelijkheid gegeven dit onderzoek te doen omdat de gemeente graag wil weten wat de mogelijkheden zijn voor het hergebruiken van vrijkomende materialen uit en rondom watergangen. Nieuwe opties voor het hergebruiken van deze materialen (door innovaties) kunnen een aanzienlijke kostenbesparing voor de gemeente en een verminderde belasting voor het milieu op het gebied van CO₂ opleveren.

Het uitvoeren van het onderzoek was complex omdat bij sommige data essentiële gegevens misten. Gelukkig was er goede begeleiding, waar ik terecht kon met mijn vragen.

Ik wil graag de mensen die mij ondersteund hebben gedurende het onderzoek en bij de totstandkoming van het eindproduct bedanken. Speciale dank gaat uit naar Tamara Labrovic – Hoogland die mij als begeleider vanuit de gemeente heeft geholpen, alsmede Dick Sundermeijer. Mijn dank gaat ook uit naar Annebeth Loois, die mij als docentbegeleider ondersteund heeft vanuit de hogeschool Rotterdam

Ik wens u veel leesplezier toe!

Sibe van den Beukel

Rotterdam, 20 juni 2019

Samenvatting

Bij het beheer en onderhoud van de watergangen en groene gebieden in Rotterdam komen veel materialen vrij op jaarbasis. Het gaat om vrijkomende baggerspecie, maaisel, bladeren en beschoeiingsmaterialen. Voor deze materialen is onderzocht welke hergebruik opties er mogelijk zijn.

Het merendeel van de vrijkomende materialen waar dit onderzoek over gaat worden afgevoerd naar ver weggelegen stortlocaties. Hierbij komen hoge kosten en CO₂-uitstoot kijken. Het hergebruik dat plaatsvindt is minimaal. In de meeste gevallen zijn de materialen wel geschikt voor hergebruik, tenzij sprake is van verontreiniging. Veel van de materialen bevatten organische stoffen die goed zijn voor de bodem. Door de materialen af te voeren verarmt de bodem. Dit wordt (deels) gecompenseerd met bemesting. Het doel van dit onderzoek is te achterhalen hoe vrijkomende materialen op een duurzamere manier hergebruikt kunnen worden. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: *Hoe kunnen vrijkomende materialen uit en rondom watergangen slimmer, goedkoper en duurzamer hergebruikt worden?*

De hoofdvraag wordt beantwoord aan de hand van de deelvragen. Hierin wordt de huidige verwerking onderzocht, de eigenschappen en de hoeveelheden van de materialen, mogelijke toepassingen voor hergebruik, en de haalbaarheid van deze toepassingen. De haalbaarheid wordt getoetst aan de hand van de beste toepassingen die blijken uit de Mutli Criteria Analyses. Hieruit volgen de toepassingen baggerspecie lokaal ontwateren en op de kant zetten, fermenteren en bioraffinage. Voor beschoeiingen is hout geanalyseerd op hergebruik. Uit de haalbaarheidsanalyse bleek dat baggerspecie lokaal ontwateren goed mogelijk is. Door eerst te ontwateren met een bandenpers wordt bagger niet gezien als smurrie maar als grond. Hierbij wordt CO₂ bespaart doordat afvoeren niet meer nodig is, de bodem wordt verbeterd, en zetting wordt tegengegaan. Dit alles kan tegen lagere kosten. Om te bepalen waar baggerspecie op de kant mag, is een model in ArcGIS gemaakt die geschikte locaties bepaald.

Het product dat vrijkomt bij fermenteren heet Bokashi. Bokashi is vergelijkbaar met compost wat fungeert als bodemverbeteraar. Het toepassen van Bokashi kan nog niet omdat het als afvalstof gezien wordt binnen de wet. Om Bokashi toch toe te passen zijn ontheffingen nodig. De toepassing is veel belovend wat betreft CO₂-uitstoot, transport, en kosten.

Bij bioraffinage worden grondstoffen gewonnen uit maaisel. Met een klein mobiel raffinage station wat lokaal ingezet kan worden daar waar het maaisel vrijkomt wordt ter plekke het maaisel verwerkt. Door het bioraffinage proces kunnen uit het maaisel verschillende grondstoffen gewonnen worden zoals vezels, mineralenconcentraat, eiwitconcentraat en suikerconcentraat. Hiervan kunnen weer producten gemaakt worden. Wanneer het maaisel aan derden wordt geleverd is het maaisel geen afvalstof maar een product volgens de wet.

Voor het analyseren van beschoeiingsmaterialen is enkel gekozen om naar het hout te kijken omdat het de meest dominante materiaal soort is binnen het areaal van de gemeente Rotterdam. Hergebruik is mogelijk, afhankelijk van de kwaliteit, wat lokaal duidelijk moet worden.

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt aanbevolen om de mogelijkheid te onderzoeken om een pilot op te starten met baggerspecie ontwateren en op de kant zetten, en bioraffinage met maaisel. Hierbij hoeft geen belemmering van wet en regelgeving verwacht te worden. Fermenteren is ook mogelijk wanneer ontheffingen aangevraagd worden. Beschoeiingen hout hergebruiken wordt aanbevolen om lokaal te inventariseren of de kwaliteit van het materiaal hergebruik toe laat.

Begrippenlijst

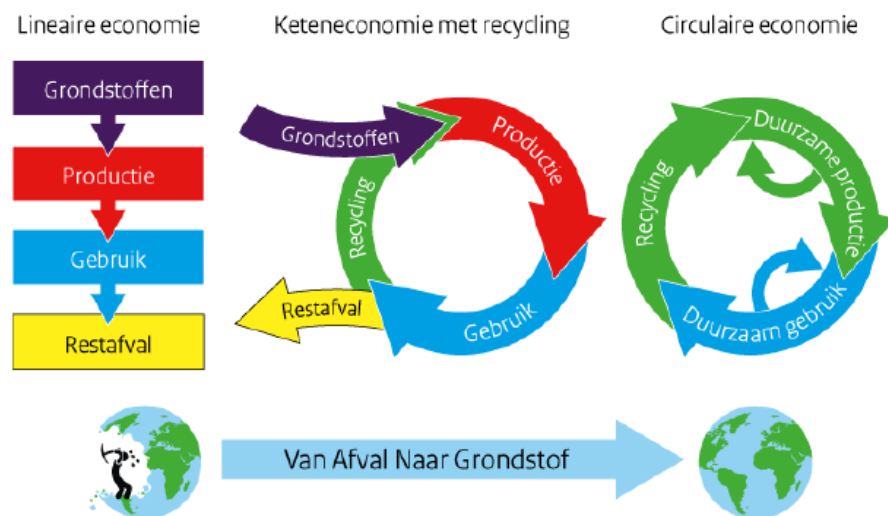
Begrip	Definitie
<i>Asset</i>	Asset is een afgeleide term van het Engelse "Asset Management". In het beheer en onderhoud van objecten (waterkunstwerken) wordt met een asset een specifiek object bedoeld wat in beheer en onderhoud is bij een instantie zoals een waterschap of de gemeente.
<i>Beschoeiing</i>	Met beschoeiing wordt oever bescherming bedoeld, die moet voorkomen dat oevers afkalven in de watergangen.
<i>Bestek</i>	In een bestek staan de uitvoeringsvoorwaarden beschreven hoe het onderhoud (bijvoorbeeld groen of bagger onderhoud) uitgevoerd moet worden voor een bepaald gebied binnen de gemeente.
<i>BVOR</i>	Branche Vereniging Organische Reststoffen.
<i>Circulair</i>	Circulair in dit rapport betekent een systeem waar afval niet langer bestaat. Afval wordt gezien als grondstof en wordt zoveel mogelijk hergebruikt.
<i>Database</i>	Een digitale opslagplaats waar data (digitale gegevens) in zijn opgeslagen.
<i>DCMR</i>	Milieudienst Rijnmond. Deze instantie verstrekt vergunningen omtrent milieuwetgeving wanneer wordt afgeweken van gestelde wet en regelgeving in de regio Rotterdam Rijnmond.
<i>Fermenteren</i>	Bij deze techniek worden biologische materialen omgezet tot een bodem verbeterend product in afwezigheid van zuurstof.
<i>GIS</i>	Geografisch informatiesysteem. Dit is een softwareprogramma dat op de computer gebruikt wordt om geografische informatie te beheren, analyses mee uit te voeren en informatie te delen met anderen.
<i>Hoogheemraadschap</i>	Hoogheemraadschap betekent hetzelfde als waterschap.
<i>LAP</i>	Het "Landelijk Afval Beheerplan" (LAP) is het beleidskader voor afval in de circulaire economie in Nederland. Alle overheden moeten met hun afvalverwerking rekening houden met het LAP.
<i>MCA</i>	Een Multi Criteria Analyse is een wetenschappelijke evaluatiemethode waarbij tussen diverse alternatieven een keuze gemaakt kan worden op basis van meerdere onderscheidingscriteria.
<i>Periodiek onderhoud</i>	Dit zijn alle maatregelen die op regelmatige basis worden uitgevoerd. Dit is nodig om de levensduur van bepaalde assets te handhaven.
<i>Schouwvak</i>	Een onderverdeling in gebieden (schouwvakken) waar verschillende watergangen in gelegen zijn.
<i>Shapefile</i>	Een bestandsformaat van ESRI (softwareontwikkelaar van GIS) wat gebruikt wordt om geografische informatie uit te wisselen.
<i>Storingsonderhoud</i>	Onderhoud dat wordt uitgevoerd wanneer een systeem met een bepaalde functie niet meer veilig kan functioneren.
<i>Waterkunstwerk</i>	Onder waterkunstwerk wordt een object verstaan zoals een gemaal dat in beheer en onderhoud is bij een instantie, zoals een waterschap of een gemeente.

Inhoud

Voorwoord	II
Samenvatting	III
Begrippenlijst	IV
H1 Inleiding	1
1.1 Juridisch kader	2
1.1.2 Beheer en onderhoud gemeente Rotterdam	3
1.2 Onderzoeksgebied	4
1.3 Probleemstelling en doel onderzoek	5
1.4 Hoofd en deelvragen	6
1.5 Onderzoeksmethode	8
1.6 Leeswijzer	10
H2 Resultaten van het onderzoek	11
2.1 Huidige aanpak verwerken van de vrijkomende materialen	11
2.2 De hoeveelheden en eigenschappen van de vrijkomende materialen	18
2.3 Hergebruik toepassingen voor de vrijkomende materialen	27
2.4 Haalbaarheid toepassingen	44
H3 Conclusie	51
H4 Discussie	52
H5 Aanbevelingen	54
Bibliografie	55
Inhoud bijlagen	62
Bijlage 1: Interviews	63
Bijlage 2: Handvat wet en regelgeving	72
Bijlage 3: Toelichting analyses hoeveelheden en eigenschappen	81
Bijlage 4: Toelichting Multi Criteria Analyses	98
Bijlage 5: Kaarten	131
Bijlage 6: Verwijzing naar handleiding ArcGIS-model (beroepsproduct)	136

H1 Inleiding

De gemeente Rotterdam wil bij het uitvoeren van haar taken werken vanuit een circulair oogpunt. Hieronder verstaan we een stad waar niet langer afval als afval gezien wordt, maar als een grondstof. In een circulaire stad bestaat geen afval. Om een circulaire stad mogelijk te maken moet er een einde gemaakt worden aan de lineaire economie en moet een circulaire economie gerealiseerd worden, te zien in figuur 1. Door de cirkel rond te maken en kringlopen te sluiten kan CO₂ bespaard worden omdat er minder, of idealiter, geen afval meer hoeft afgevoerd te worden. Bijkomende kans ligt in de huidige energie transitie, die het sluiten van kringlopen ambieert (Gemeente Rotterdam, sd).



Figuur 1: Van een lineaire naar een circulaire economie (expertise bodem en ondergrond , 2013).

Rotterdam heeft jaarlijks een grote onderhoudsopgave te vervullen voor de watergangen in en rondom de stad, waarbij veel materialen vrijkomen. Dit onderhoud is noodzakelijk om het functioneren van het watersysteem te waarborgen. Bij het onderhouden van deze watergangen komen hoge kosten kijken (Labrovic-Hoogland, 2019). De taken die uitgevoerd moeten worden bij dit onderhoud en de materialen die vrijkomen door deze werkzaamheden zijn te zien in tabel 1.

Tabel 1: Vrijkomende materialen per onderhoudswerkzaamheid.

Type onderhoudswerkzaamheden:	Vrijkomende materialen:
Baggeren	Baggerspecie
Maaien en krozen langs de watergangen	Maaisel en ander groen
Verwijderen van bladeren rondom en uit de watergangen	Bladeren
Beschoeiingen onderhouden	Vrijkomende materialen van beschoeiingen zoals hout

1.1 Juridisch kader

Binnen Rotterdam zijn er hoofdwatgangen en overig watgangen die onderverdeeld zijn bij de waterschappen en de gemeente Rotterdam voor het beheer en onderhoud. Binnen de gemeente Rotterdam zijn er drie waterschappen, met elk hun eigen beheergebied. Sinds de herpoldering zijn er nieuwe afspraken gemaakt tussen deze instanties hoe het beheer en onderhoud geregeld wordt en wie zorgt draagt voor welke assets (objecten). De herpoldering was een herverdeling van het complete areaal aan assets die opnieuw verdeeld werden onder de belanghebbende partijen, namelijk de waterschappen en de gemeente Rotterdam (Stuurgroep herpolderen, 2001).

1.1.1 Herpoldering

Het waterbeheer binnen de gemeente Rotterdam werd voor de herpoldering uitgevoerd door 7 organisaties, met verschillende taken en gebieden. De waterschappen Schieland en de Krimpenerwaard voerden het waterkwaliteitsbeheer uit voor de gebieden ten noorden van de Maas. De gemeente Rotterdam voerde hier in meer dan de helft van de gebieden het waterkwantiteitsbeheer uit. Ten zuiden van de Maas werd het waterkwaliteitsbeheer uitgevoerd door het waterzuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden en het waterkwantiteitsbeheer door het waterschap IJsselmonde en de gemeente Rotterdam. Voor de havenbekkens en de Nieuwe en Oude Maas geldt dat Rijkswaterstaat hier kwaliteit- en kwantiteitswaterbeheerder is.

Om beter samen te werken, vanwege de vele belanghebbende organisaties, is er in 1998 een waterplan Rotterdam opgesteld. Binnen dit waterplan werd gestreefd naar het versterken van de samenwerking tussen de organisaties. Centraal staat een duurzaam functionerend watersysteem (Geenen, Jacobs, De Smit, & Broks, 2000).

De overeenkomst met betrekking tot de herpoldering van Rotterdam is op 18 september 2000 door de gemeente en de waterschappen Schieland, Delfland en IJsselmonde ondertekend. De herpoldering heeft ervoor gezorgd dat de juridische, administratieve, financiële en technische verantwoordelijkheden voor een aantal assets, (zie tabel 2) werden overgedragen van de gemeente naar de waterschappen (Stuurgroep herpolderen, 2001).

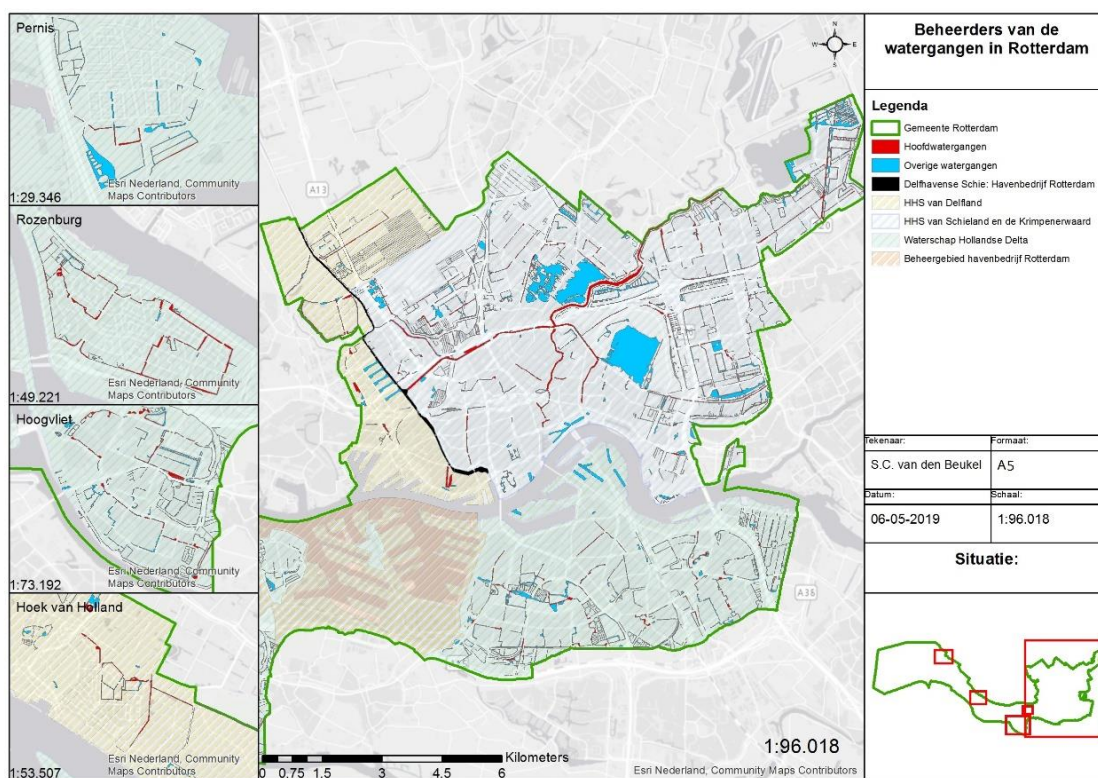
Tabel 2: Verdeling assets na de herpoldering (Stuurgroep herpolderen, 2001).

<i>Assets in beheer bij de gemeente Rotterdam na de herpoldering</i>	<i>Overgedragen assets van de gemeente naar het waterschap na de herpoldering</i>
Overige watgangen inclusief plassen	Alle hoofdwatgangen
Duikers, spuileidingen, pompen met gecombineerde functies en gemalen	Inlaten waar uitsluitend een waterstaatkundige functie van toepassing is
Inlaten met een niet uitsluitend waterstaatkundige functie	Andere peil regulerende kunstwerken in de hoofdwatgangen
Kunstwerken die het peil regelen in de overige watgangen, inclusief oever beschermingen (beschoeiingen)	Primaire oever beschermingen (beschoeiingen)

1.1.2 Beheer en onderhoud gemeente Rotterdam

Het bevoegd gezag voor het oppervlaktewater is het waterschap. In de legger van het waterschap staat wie onderhoudsplichtig is voor een watergang en aan welke eisen de watergang moet voldoen. In de legger wordt onderscheid gemaakt tussen hoofd en overige watergangen (Gemeente Rotterdam, 2019). De gemeente heeft de overige watergangen in openbaar gebied in onderhoud en zorgt dat het materiaal wat bij dit onderhoud vrijkomt afgevoerd en verwerkt wordt. De onderhoudswerkzaamheden worden uitbesteed aan aannemers. De aannemer zorgt vervolgens voor de afvoeringen en de verwerking van de materialen. Voor de hoofdwatergangen geldt een ontvangstplicht voor de gemeente voor de vrijkomende baggerspecie en het maaisel (Labrovic-Hoogland, 2019).

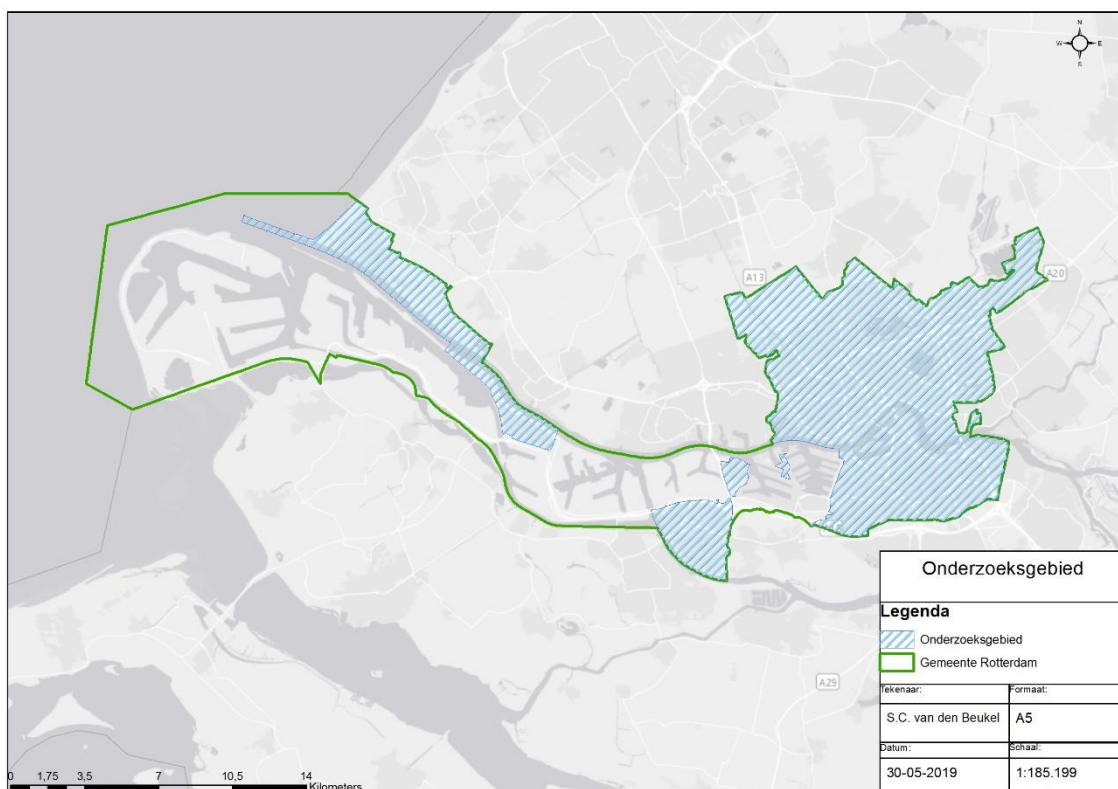
In figuur 2 zijn de hoofd en overige watergangen te zien, alsmede de waterschappen. De Delfshavense Schie wordt apart beheerd door het havenbedrijf, samen met de havens gelegen in de Maasvlakte, Waalhaven-Eemhaven en Vondelingenplaat. Alle watergangen gelegen in deze gebieden worden door het havenbedrijf beheerd (Labrovic-Hoogland, 2019).



Figuur 2: Beheerders van de watergangen in Rotterdam

1.2 Onderzoeksgebied

In de voorgaande paragraaf kwam het beheer en onderhoud aan bod. Aan de hand van deze gegevens zal het onderzoek zich richten op de hoofd en overige watergangen gelegen in de beheersgebieden van de waterschappen binnen de gemeente Rotterdam. De groene oppervlakten, in beheer bij de gemeente Rotterdam, zullen ook worden meegenomen in de analyse van vrijkomend groen, om een integraal beeld te kunnen geven van de hele gemeente wat betreft het vrijkomende groene materiaal. Samengevat is in figuur 3 het onderzoeksgebied te zien.



Figuur 3: Onderzoeksgebied

1.3 Probleemstelling en doel onderzoek

Hier zal toegelicht worden waar de problemen zitten per vrijkomend materiaal. Vervolgens wordt het doel van het onderzoek toegelicht.

1.3.1 Baggerspecie

Het wettelijk kader zegt dat baggerspecie op de kant mag worden gezet, mits de ontvangende bodem niet vervuild wordt door grond van slechtere kwaliteit. In de praktijk wordt van deze regeling geen gebruik gemaakt. In het verleden heeft de gemeente baggerspecie op de kant gezet zodat afvoeren van het materiaal voorkomen werd. De gedachte hierachter is dat de baggerspecie de bodem verbeterd en de zetting compenseert. Dit resulteerde echter in klachten van omwonenden omdat de baggerspecie als iets negatiefs werd ervaren. Het aanzicht is niet fraai en het wordt gezien als smurrie die niet op de kant thuishoort. Er moet onderzocht worden op welke manier dit negatieve beeld van baggerspecie op de kant plaatsen kan worden weggenomen.

1.3.2 Vrijkomend groen en beschoeiingen

Voor vrijkomend groen en beschoeiingen geldt dat beiden materiaalstromen vervallen aan de aannemer, terwijl deze materialen nuttig toegepast zouden kunnen worden binnen de gemeente zelf. Onderzocht moet worden waar hier kansen liggen, vanuit circulair oogpunt.

1.3.3 Doel onderzoek

Het merendeel van de vrijkomende materialen waar dit onderzoek over gaat worden afgevoerd naar een ver weggelegen locatie, zonder dat sprake is van hergebruik. In de meeste gevallen zijn de materialen wel geschikt voor hergebruik, tenzij sprake is van verontreiniging. Veel van de materialen bevatten organische stoffen die goed zijn voor de bodem. Door de materialen af te voeren en te storten op locaties buiten de stad is er sprake van een verarming van de bodem, terwijl deze materialen ook prima een lokale inpassing zouden kunnen krijgen. Dit wordt op de huidige manier wel (deels) gecompenseerd met bemesting. Daarnaast kost het afvoeren van de materialen veel geld en veroorzaakt het CO₂ uitstoot. Dit kan anders. Het doel is te achterhalen hoe dit anders kan, op een duurzamere, bewustere en goedkopere wijze met een circulaire insteek, waarbij ketens gesloten worden.

1.4 Hoofd en deelvragen

De hoofd- en deelvragen die zijn opgesteld voor het onderzoek zullen hieronder aan de hand van een conceptueel model worden toegelicht. Door het beantwoorden van deelvragen wordt de hoofdvraag beantwoord.

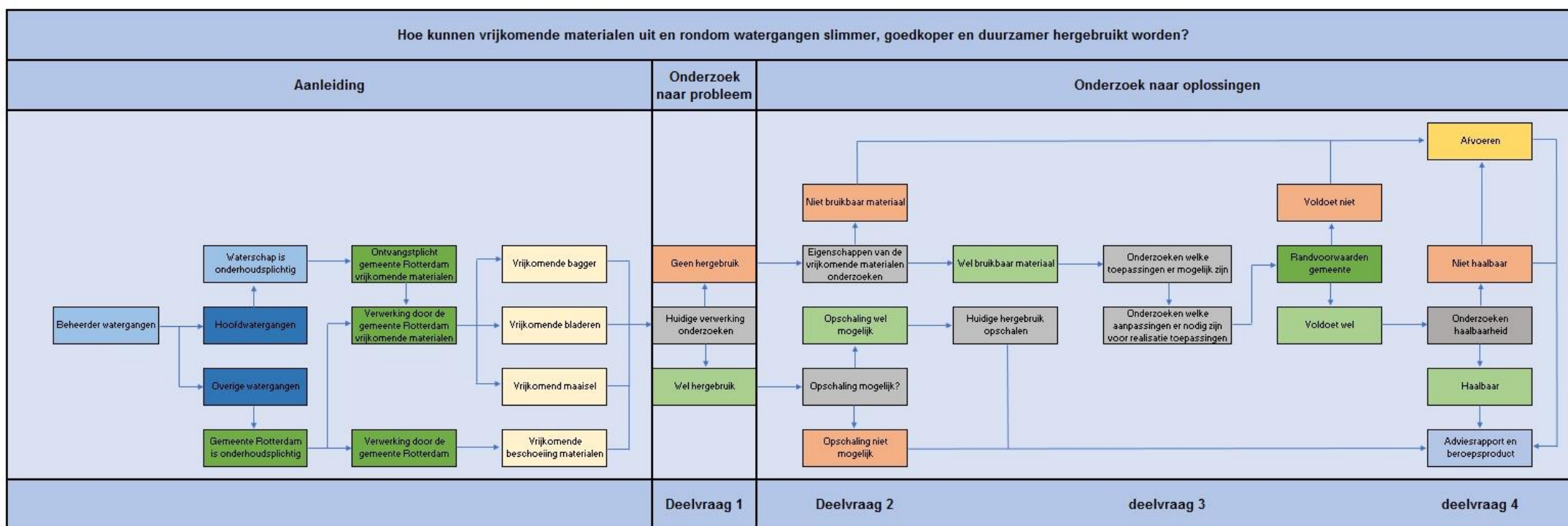
Hoofdvraag:

Hoe kunnen vrijkomende materialen uit en rondom watergangen slimmer, goedkoper en duurzamer hergebruikt worden?

1. *Wat is de huidige aanpak op het gebied van het verwerken van de vrijkomende materialen uit en rondom watergangen?*
2. *Wat zijn de materiaaleigenschappen en de hoeveelheden van de vrijkomende materialen?*
3. *Welke hergebruik opties zijn er om de vrijkomende materialen nuttig toe te kunnen passen?*
4. *Is het haalbaar om de toepassingen te implementeren?*

Aan de hand van het conceptueel model, wat toegelicht is in figuur 4 op de volgende pagina, is de samenhang te zien van de deelvragen in relatie tot het onderzoek.

1.4.1 Conceptueel model



Figuur 4: Conceptueel model

1.5 Onderzoeksmethode

Voor het onderzoek zijn vier deelvragen opgesteld om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden. Voor elke deelvraag zijn verschillende methoden gekozen. Door deze verschillende onderzoeksmethoden toe te passen kan gesteld worden dat het onderzoek valide en betrouwbaar is uitgevoerd. In deze paragraaf worden de gebruikte methode per deelvraag in tabel 3 op de volgende pagina toegelicht.

1.5.1 De verschillende methoden

De gebruikte methoden zijn te onderscheiden in 5 verschillende categorieën, namelijk veldwerk, literatuuronderzoek, interviews, GIS-analyses en Multi Criteria Analyses.

Veldwerk: Door veldwerk te doen kan er op locatie gekeken worden of en wat de mogelijkheden zijn. Door foto's te maken wordt referentie materiaal gecreëerd waar in de rapportage naar verwezen wordt. De resultaten van het veldwerk zijn valide doordat het veldwerk in Rotterdam is uitgevoerd.

Literatuuronderzoek: Door literatuuronderzoek te doen worden maatregelen onderzocht die van toepassing zijn voor het onderzoek. Deze informatie wordt vervolgens in de rapportage verwerkt en naar gerefereerd. Doordat veel beleidsdocumenten van de gemeente gebruikt zijn is sprake van valide literatuuronderzoek, wat bovendien ook bijdraagt aan de betrouwbaarheid.

Interviews: Door interviews af te nemen met experts die te maken hebben met het onderzoeksonderwerp worden de resultaten getoetst en onderbouwd. Bijna iedere geïnterviewde expert is afkomstig van de gemeente Rotterdam, wat de betrouwbaarheid verhoogd. Hierdoor kan gesteld worden dat de interview resultaten valide zijn.

GIS-analyses: Aan de hand van GIS-analyses kan achter veel essentiële informatie gekomen worden. In bijlage 3 is uitgebreid toegelicht welke analyses er allemaal uitgevoerd zijn in onder andere GIS. Binnen dit onderzoek zijn van de vrijkomende materialen zowel de eigenschappen als de hoeveelheden onderzocht en onderbouwd aan de hand van GIS-analyses. Het beroepsproduct is ook aan de hand van GIS gemaakt (zie bijlage 6). De gemaakte analyses zijn valide doordat gebruik gemaakt is van data van de gemeente Rotterdam. Door missende data is gebruik gemaakt van interpolatie aan de hand van data die bekend was van de gemeente Rotterdam. Dit verlaagt de betrouwbaarheid van de uitkomsten. Dit is ook in bijlage 3 toegelicht.

Multi Criteria Analyses: Door gebruik te maken van een Multi Criteria Analyse (MCA) worden verschillende alternatieven tegenover elkaar getoetst. Dit zorgt ervoor dat er een keuze gemaakt kan worden uit de alternatieven die verder geanalyseerd gaan worden. Binnen de MCA is gebruik gemaakt van de maximumstandaardisatie methode om verschillende criteria aan elkaar te standaardiseren. Voor meer uitleg over deze methode wordt verwezen naar bijlage 4. De criteria en gewichten zijn mede bepaald en afgestemd in samenwerking met stadsbeheer (Labrovic-Hoogland, 2019) van de gemeente Rotterdam. Hiermee kan gesteld worden dat de MCA's valide en betrouwbaar zijn.

1.5.2 Methoden per deelvraag

Tabel 3: De gebruikten methoden per deelvraag

<i>Deelvragen</i>	<i>Methode</i>	<i>Toelichting</i>
<i>Deelvraag 1</i> <i>Wat is de huidige aanpak op het gebied van het verwerken van de vrijkomende materialen uit en rondom watergangen?</i>	Veldwerk	Door op locatie waar te nemen kan er gekeken worden wat er uit de watergangen verwijderd wordt. Data kan aan de hand van bevindingen gecontroleerd worden.
	Literatuuronderzoek	Door documenten van de gemeenten te onderzoeken wordt inzichtelijk wat de huidige manier van verwerking is voor de vrijkomende materialen.
	Interviews	Door te praten met experts wordt duidelijk wat de huidige manier van verwerken is van de vrijkomende materialen.
<i>Deelvraag 2</i> <i>Wat zijn de materiaaleigenschappen en de hoeveelheden van de vrijkomende materialen?</i>	Literatuuronderzoek	Aan de hand van literatuuronderzoek wordt mede duidelijk wat de materiaaleigenschappen zijn.
	Interviews	Door te praten met experts wordt duidelijk wat de materiaaleigenschappen en de hoeveelheden zijn van de vrijkomende materialen in Rotterdam.
	GIS-analyses	Door GIS-analyses uit te voeren kunnen de hoeveelheden en de materiaaleigenschappen voorspeld worden.
<i>Deelvraag 3</i> <i>Welke hergebruik opties zijn er om de vrijkomende materialen nuttig toe te kunnen passen?</i>	Veldwerk	Door veldwerk te doen is een inschatting gemaakt welke oplossingen haalbaar zijn binnen Rotterdam.
	Literatuuronderzoek	Door literatuuronderzoek te doen zijn relevante toepassingen in beeld gekomen.
	Interviews	Door te praten met experts is duidelijk geworden welke toepassingen potentie hebben in Rotterdam.
	MCA	Door verschillende toepassingen aan elkaar te toetsen in een MCA kan bepaald worden welke toepassing het meest geschikt is om ingepast te worden in Rotterdam.
<i>Deelvraag 4</i> <i>Is het haalbaar om de toepassingen te implementeren?</i>	Veldwerk	Door veldwerk uit te voeren is een bijdrage geleverd aan de haalbaarheidsanalyse.
	Literatuuronderzoek	Aan de hand van literatuuronderzoek en beleidsdocumenten is de haalbaarheid onderzocht.
	Interviews	Door te praten met experts is een bijdrage geleverd aan de haalbaarheidsstudie voor hergebruik toepassingen in Rotterdam.
	GIS-analyses	Aan de hand van een ontwikkeld GIS-model, wat tevens het beroepsproduct van dit onderzoek is voor de gemeente Rotterdam, is bepaald welke oevers potentieel geschikt zijn om baggerspecie op de kant te zetten en welke niet.

1.6 Leeswijzer

Dit onderzoeksrapport is als volgt opgebouwd:

Hoofdstuk 2 gaat in op het beantwoorden van de deelvragen. Per materiaal zal de huidige aanpak van verwerking, de hoeveelheden en de eigenschappen, toepassingen voor hergebruik en de haalbaarheid van potentiële toepassingen toegelicht worden.

Hoofdstuk 3 is een concluderend hoofdstuk, waarin de meest belovende toepassingen voor hergebruik toegelicht zullen worden.

Hoofdstuk 4 worden de resultaten besproken door middel van een discussie. Hier wordt teruggeblikt op de toegepaste methoden in het onderzoek.

In hoofdstuk 5 zullen aanbevelingen gegeven worden aan de hand van de conclusies in hoofdstuk 3.

H2 Resultaten van het onderzoek

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van het onderzoek aan de hand van de deelvragen. De analyses die gebruikt zijn om de deelvragen te beantwoorden worden in dit hoofdstuk toegelicht en waar nodig wordt verwezen naar ondersteunende informatie in de bijlage.

2.1 Huidige aanpak verwerken van de vrijkomende materialen

Binnen Rotterdam is per vrijkomend materiaal verschillend beleid van kracht. Voor elk vrijkomend materiaal zal in dit hoofdstuk beschreven worden wat de huidige aanpak is met betrekking tot de verwerking hiervan.

Het onderhoud waarbij de materialen vrijkomen kan onderverdeeld worden in twee typen (Gemeente Rotterdam, 2019):

1. Periodiek onderhoud zijn alle maatregelen die op regelmatige basis worden uitgevoerd. Dit is nodig om de levensduur van een bepaalde assets te handhaven. Onder dit typen onderhoud vallen baggeren, maaien, krozen, bladeren verwijderen en anorganisch afval verwijderen.
2. Storingsonderhoud is het repareren van schades en hier tegen optreden in de buiten ruimte. Omdat op dit moment alleen correctief beschoeiingen vervangen worden wanneer een gevaarlijke situatie optreedt valt het beschoeiingen onderhoud op dit moment onder het storingsonderhoud.

In dit hoofdstuk zal antwoord gegeven worden op de deelvraag: *Wat is de huidige aanpak op het gebied van het verwerken van de vrijkomende materialen uit en rondom watergangen?*

2.1.1 Verwerken vrijkomende bagger

Er is verschillende beleid van kracht voor het verwerken van baggerspecie. Eerst wordt de kwaliteit van de baggerspecie bepaald om te bepalen waar het naartoe afgevoerd gaat worden (Labrovic-Hoogland, 2019). Om te bepalen of de baggerspecie toepasbaar is of niet gelden verschillende klassen die getoetst moeten worden aan de ontvangende bodem. Dit beleid wordt hieronder verder toegelicht.

2.1.1.1 Generiek en gebiedsspecifiek beleid

Generiek beleid en gebiedsspecifiek beleid zijn beide verschillende typen beleid die gemeente en waterbeheerders in staat stellen om het juiste beleid toe te passen voor hun gebied met betrekking tot bodemkwaliteiten. Wanneer lokaal maatwerk nodig is wordt gekozen voor gebiedsspecifiek beleid. Wanneer hier geen sprake van is geldt het generieke beleid (Bodemplus, sd).

Generiek beleid

Het uitgangspunt voor generiek beleid is dat de kwaliteit van de ontvangende bodem moet aansluiten op dat van de baggerspecie die erop geplaatst wordt. De kwaliteit van de baggerspecie mag ook beter zijn dan dat van de ontvangende bodem. Hiermee wordt



Figuur 5: Generieke normstelling voor het toepassen van grond en baggerspecie op of in de bodem (Senter Novem).

voorkomen dat baggerspecie van een lagere kwaliteit de bodem vervuult. Om te weten waaraan de baggerspecie moet voldoen om het op de kant te plaatsen wordt gekeken naar de bodemfunctie en de lokale bodemkwaliteit. De strengste waarden van de bodemfunctie en lokale bodemkwaliteit bepaald welke grond er toegepast mag worden op de bodem. De bodemtoepassingskaart is te zien in bijlage 5 (Bodemplus, sd). In figuur 5 is een schematische weergave te zien van het generieke beleid.

Gebiedsspecifiek beleid

Bij gebiedsspecifiek beleid stellen gemeente of waterbeheerders zelf hun beleid vast. Ze kunnen hier kiezen voor een soepelere of strengere norm ten opzichte van het generieke (landelijke) beleid. Dit stelt de waterbeheerder in staat om lokaal maatwerk te leveren. De gemeente Rotterdam heeft besloten om gebiedsspecifiek beleid toe te passen omdat bij sommige gebieden de bodemkwaliteit afwijkt van de maximale waarde industrie. Het beleid is dan ook dat het toepassen van baggerspecie op de droge (land)bodem "vrijwel" gelijk is aan het generieke beleid, op een paar uitzonderingen, waar sprake is van zware verontreiniging, na. Voor het op de kant zetten van natte baggerspecie geldt dat als de kwaliteit van de grond of bagger niet voldoet aan de maximale klasse industrie, toepassing op of in de bodem niet toegestaan is (Roeloffzen, A.B., 2013). Echter in Rotterdam geldt dat maximaal de klasse wonen mag worden toegepast (Sundermeijer, 2019). Dit is schematisch weergegeven in figuur 6.



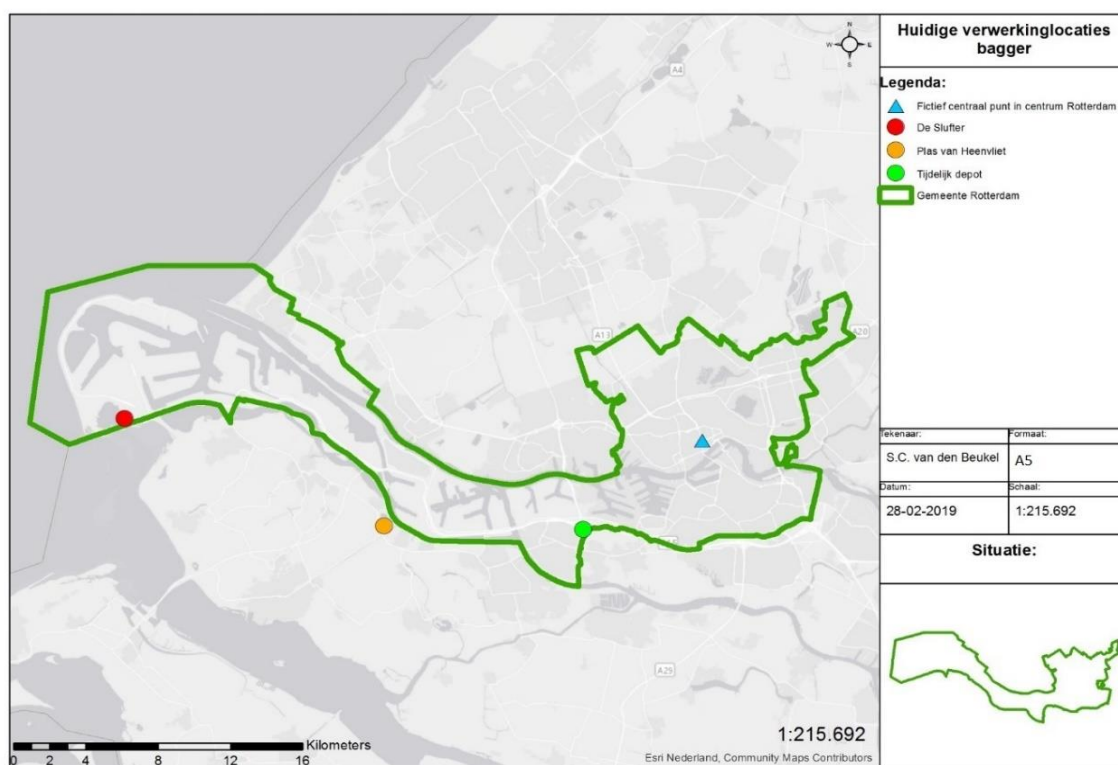
Figuur 6: Normstelling voor toepassen van grond en baggerspecie op of in de bodem in het gebiedsspecifieke kader (Senter Novem).

Voor de toepassing onderwater geldt ook dat het generieke beleid vrijwel gelijk is aan het gebiedsspecifieke beleid. Omdat in dit rapport in gegaan wordt op de toepassing van baggerspecie op land, wordt de onderwater toepassing verder buiten beschouwing gelaten.

Tabel 4: Baggerspecie afvoer (hergebruik) methodes

Klasse	Afvoer (hergebruik) methode
Klasse natuur (schoon)	Hergebruik via tijdelijk depot of storten in de Plas van Heenvliet
Klasse landbouw (zeer licht verontreinigd)	Hergebruik via tijdelijk depot of storten in de Plas van Heenvliet
Klasse wonen (licht verontreinigd)	Hergebruik via tijdelijk depot of storten in de Plas van Heenvliet;
Klasse industrie (verontreinigd)	Stort locatie plas van Heenvliet
Klasse verontreinigd (sterk verontreinigd)	Stort locatie de Slufter

De baggerspecie is afkomstig uit de overige watergangen die de gemeente onderhoudt plus de ontvangstplicht van het waterschap. In figuur 7 zijn de locaties uit tabel 4 aangegeven op de kaart.



Figuur 7: Locaties verwerking van baggerspecie.

2.1.1.2 Beleid gemeente Rotterdam

De ontvangstplicht die geldt vanuit het waterschap voor de gemeente, gaat over baggerspecie afkomstig uit de hoofdwatgangen met de klassen natuur tot en met wonen. Bij de klassen industrie en verontreinigd moet het waterschap zelf zorgen voor de afvoer ervan.

Zoals te zien in het voorgaande overzicht van tabel 4 wordt er geen baggerspecie op de kant gezet. Alle baggerspecie gaat richting een tijdelijk depot of wordt gestort in de Plas van Heenvliet of de Slufter. Baggerspecie die hergebruikt wordt via een tijdelijk depot is slechts een klein gedeelte van de totale som vrijkomende baggerspecie. De capaciteit van het huidige tijdelijk depot is 7000m³ op jaarbasis (Zijlstra, 2019). In het tijdelijk depot wordt de bagger ontwaterd en wordt er vervolgens teelaarde van gemaakt (Groeneveld, 2019).

Het afvoeren van de baggerspecie zorgt ervoor dat de gemeente veel geld kwijt is aan transport en verwerkingskosten (Labrovic-Hoogland, 2019). De meeste baggerspecie is van klasse natuur tot en met klasse wonen. Slechts een beperkt gedeelte is van klasse industrie en verontreinigd. Dit betekent dat een groot gedeelte van de baggerspecie lokaal hergebruikt zou kunnen worden en dat afvoeren onnodig is. Baggerspecie op de kant zetten wordt echter als niet wenselijk gezien door de gemeente Rotterdam omdat buurtbewoners dit als negatief ervaren (Sundermeijer, 2019). Daarom heeft de gemeente besloten om baggerspecie lokaal niet op de kant te zetten. Wanneer het materiaal nog te nat is om op te kant te plaatsen, is het beeld onaantrekkelijk zoals in figuur 8 te zien is. Ontwaterde baggerspecie is een ander verhaal, en wordt niet als negatief ervaren. Dit komt omdat het als grond gezien wordt, en niet als smurrie (Sundermeijer, 2019). Deze optie zal verder toegelicht worden in paragraaf 2.3.



Figuur 8: Baggerspecie op de kant (Oreel).

2.1.1.3 Recente ontwikkelingen

Recent zijn er zorgen ontstaan over milieuvreemde stoffen en de invloed hierop op het watersysteem. Het gaat onder andere om de stoffen PFOS, PFOA en GenX. Deze stoffen worden aan de hand van nieuwe manieren van meten steeds meer gevonden in het Nederlandse, maar ook in het Rotterdamse watersysteem. Er wordt een landelijke norm halverwege 2019 verwacht (Wintersen & Otte, 2019). Veel verwerkingslocaties, waaronder ook de Plas van Heenvliet wachten op deze norm voordat er weer baggerspecie gestort mag worden (Damen, 2019). Dit is een zeer recente ontwikkeling en verwacht wordt dan ook dat wanneer deze normen bekend zijn de Plas van Heenvliet weer opengaat.

Naar de toekomst toe zal er steeds meer gemeten gaan worden op vervuilende stoffen in het oppervlaktewater. Hierbij moet gedacht worden aan bovengenoemde stoffen, maar bijvoorbeeld ook aan medicijn resten (Labrovic-Hoogland, 2019). Aanvullende eisen zullen waarschijnlijk van toepassing zijn door het meten van deze stoffen op het generieke en gebiedsspecifieke beleid.

2.1.2 Verwerking van bladeren en maaisel

De gemeente Rotterdam werkt met bestekken waarin is vastgelegd voor een bepaalde categorie onderhoud hoe het werk uitgevoerd moet worden. Voor het groen onderhoud is er een apart bestek en voor het onderhoud aan de watergangen is er weer een ander bestek. Deze bestekken zijn gecombineerd binnen Rotterdam voor de gebieden van Delfland, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard en de gemeente Rotterdam. Er is hier in één bestek vastgelegd hoe het onderhoud uitgevoerd moet worden (Slingerland, 2019).

Binnen deze bestekken kan de markt zich inschrijven om het werk uit te voeren voor bepaalde percelen. Het onderhoud in Rotterdam is onderverdeeld over verschillende percelen, of ook wel wijken genoemd (zie tabel 5).

Tabel 5: Perceel verdelingen

Perceel verdelingen bestekken	Gebieden
Perceel 1	Prins Alexander
Perceel 2	Hilligersberg – Schiebroek
Perceel 3	Kralingen Crooswijk, noord, centrum, Delfshaven
Perceel zuidoost	Feyenoord en IJsselmonde
Perceel zuidwest 1	Charlois en Rozenbrug
Perceel zuidwest 2	Hoogvliet, Pernis en Hoek van Holland



Figuur 9: Compost gemaakt in Waddinxveen bij de Wagro (Wagro).

Afhankelijk van een aantrekkelijke prijs en een aantal gestelde eisen wordt het werk gegund aan de partij die het meest geschikt lijkt. Deze aannemers die het werk uitvoeren moeten ook de vrijkomende materialen afvoeren. Het materiaal wordt dan naar een compostbedrijf gebracht die er compost van maakt (zie figuur 9). De gemeente is dit materiaal dus kwijt. De aannemer die het werk uitvoert moet een bedrag betalen aan het composteringsbedrijf, die het materiaal in ontvangst neemt, er compost van maakt en weer doorverkoopt aan derden (Punt, 2019).

Aannemers zorgen ervoor dat de materialen afgevoerd en verwerkt worden bij verschillende compostbedrijven in de omgeving, gemiddeld op zo'n 23 kilometer van het stadscentrum verwijderd.

Naast de materialen die vrijkomen bij het maaien, krozen, en vuilvissen van de overige watergangen en het groen in beheer bij de rest van de gemeente, komen er materialen vrij die de gemeente in ontvangst moet nemen. De gemeente heeft ontvangstplicht voor het maaisel en anorganisch afval dat uit de hoofdwatertgangen vrijkomt. Dit materiaal moet dus ook afgevoerd worden door de gemeente (Stuurgroep herpolderen, 2001).

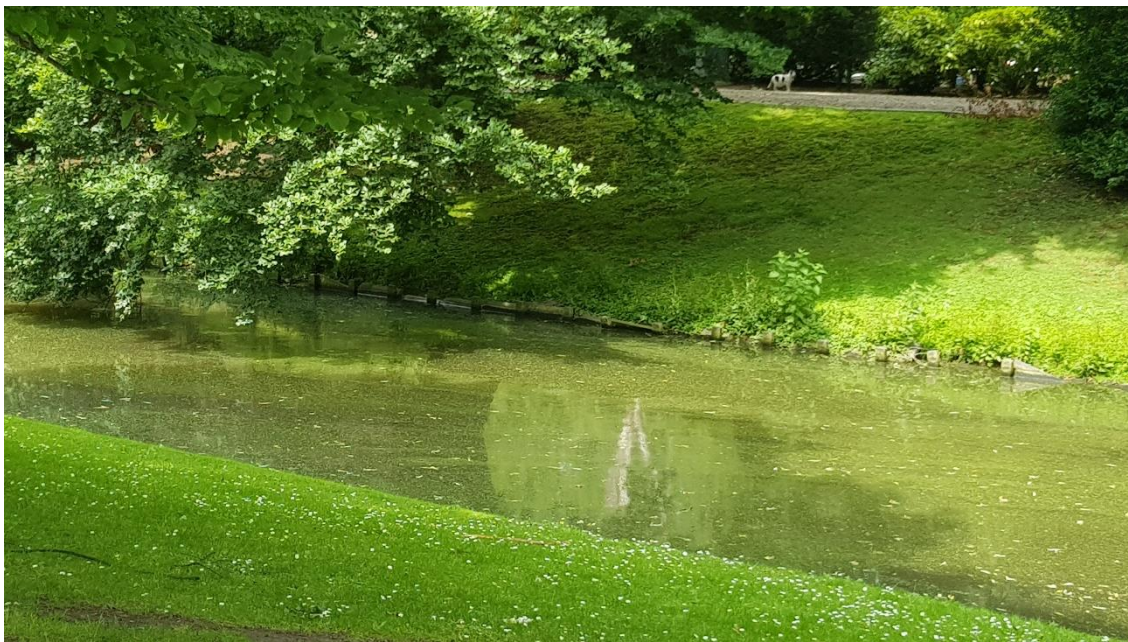
2.1.3 Verwerken van beschoeiingsmaterialen

In Rotterdam geldt dat de gemeente geen prioriteit heeft liggen bij het vervangen, dan wel onderhouden van beschoeiingen. Er wordt alleen onderhoud uitgevoerd wanneer zich een potentieel gevaarlijke situatie voordoet (Gemeente Rotterdam, 2019).

De beschoeiingen die in beheer zijn bij de gemeente bevinden zich in de hoofd en overige watergangen in openbaar gebied. Een voorbeeld van een beschoeiing in een overige watergang is weergegeven in figuur 10. In de hoofdwatertangen is de beheerder het waterschap wanneer een beschoeiing primair is aangebracht voor de instandhouding van het natte doorstroomprofiel (Stuurgroep herpolderen, 2001). Dit type beschoeiingen komt vaak voor vlakbij gemalen.

Een beschoeiing kan een civiele constructie zijn, waar het de functie heeft om grond tegen te houden, of het betreft een niet civiele constructie die afkalving van de oever moet voorkomen. Deze beschoeiingen vallen onder verschillende afdelingen, namelijk de afdeling infrastructuur en de afdeling water (Labrovic-Hoogland, 2019). Dit onderzoek focust zich op de vrijkomende materialen van beschoeiingen, waar de afdeling water over gaat.

Wanneer een beschoeiing vervangen moet worden vervallen de materialen aan de aannemer. De aannemer gaat dan over het materiaal en niet meer de gemeente (Steel, 2019).



Figuur 10: Voorbeeld van een beschoeiing die aan vervanging toe is bij de Kerkhoflaan in Rotterdam.

2.1.4 Conclusie deelvraag 1

In deze paragraaf is antwoord gegeven op deelvraag 1: *Wat is de huidige aanpak op het gebied van het verwerken van de vrijkomende materialen uit en rondom watergangen?*

Hieronder zal er per vrijkomend materiaal een conclusie getrokken worden:

1. **Baggerspecie:** Baggerspecie kan onderverdeeld worden in verschillende kwaliteitsklassen voor toepassing op de landbodem. Deze kwaliteitsklassen zijn natuur (schoon), landbouw (zeer licht verontreinigd), wonen (licht verontreinigd), industrie (verontreinigd) en verontreinigd (zwaar verontreinigd). Op dit moment wordt bijna alle baggerspecie afgevoerd naar ver weg gelegen stort locaties, wat voor hoge transportkosten zorgt. Slechts een klein gedeelte wordt hergebruikt in een tijdelijk depot waar er teelaarde van gemaakt wordt.
2. **Vrijkomend groen:** Het vrijkomende groen materiaal dat vrijkomt bij het periodiek onderhoud in Rotterdam vervalt aan de aannemer. De aannemer zorgt ervoor dat de materialen afgevoerd en verwerkt worden. Dit doen ze door al het materiaal af te voeren naar composteerbedrijven waar er compost van gemaakt wordt.
3. **Beschoeiingen:** Beschoeiingen in Rotterdam worden alleen vervangen wanneer er zich een potentieel gevaarlijke situatie voordoet. Preventief onderhoud vindt niet plaats waardoor de beschoeiingen in een steeds slechtere staat gaan verkeren naarmate de tijd verstrijkt.

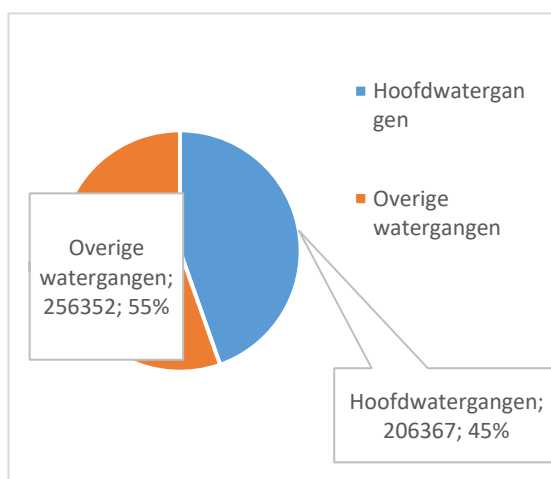
2.2 De hoeveelheden en eigenschappen van de vrijkomende materialen

In deze paragraaf worden per vrijkomend materiaal de hoeveelheden en de eigenschappen van de materialen toegelicht. Als eerste wordt baggerspecie behandeld, vervolgens vrijkomende groen materialen (maaisel en bladeren) en ten slotte vrijkomende beschoeiing materialen.

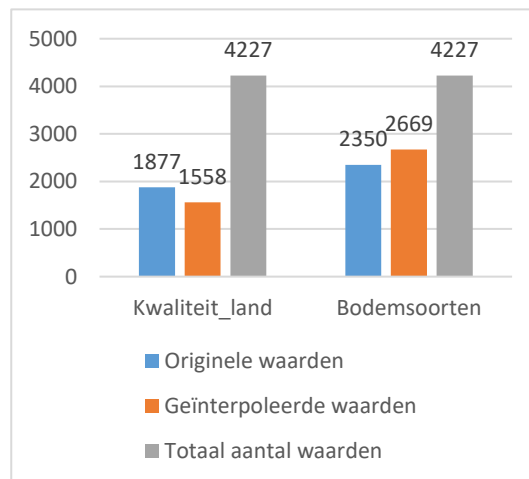
In dit hoofdstuk zal antwoord gegeven worden op deelvraag 2: *Wat zijn de hoeveelheden en de materiaaleigenschappen van de vrijkomende materialen?*

2.2.1 Vrijkomende baggerspecie

De baggerspecie die vrijkomt kan onderverdeeld worden over de hoofd watergangen en de overige watergangen. In hoofdstuk 2.1 is de methodiek toegelicht wat de bestemming van de baggerspecie is afhankelijk van de kwaliteit. In totaal komt er 459.719m³ vrij voor alle watergangen in Rotterdam over een 10-jarige baggercyclus. De verdeling hiervan is te zien in grafiek 1 en de verdeling per schouwvak is te zien in bijlage 3.3 in grafiek 12. In de verdeling in grafiek 1 is te zien dat 45% van de baggerspecie vrijkomt in de hoofdwatergangen tegenover 55% wat vrijkomt in de overige watergangen. In grafiek 2 is een verdeling te zien van geïnterpoleerde waarden en originele waarden. Aan de hand van originele en geïnterpoleerde baggerspecie kwaliteit gegevens is de kwaliteit van de baggerspecie door heel Rotterdam bepaald.



Grafiek 1: Verdeling vrijkomende baggerspecie hoofd en overige watergangen in m³.

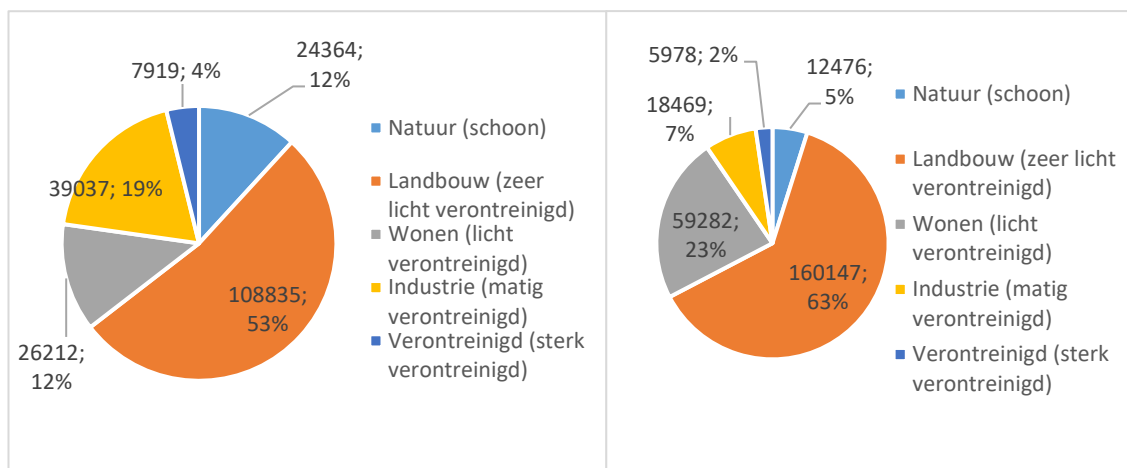


Grafiek 2: Overzicht originele en geïnterpoleerde waarden in de watergangen database.

Om te bepalen hoeveel baggerspecie op dit moment waarnaartoe wordt afgevoerd en te kijken hoeveel ervan potentieel geschikt is om her te gebruiken conform de kwaliteiten methodiek toegelicht in paragraaf 2.1, is het nodig om de kwaliteit van de baggerspecie te bepalen. Omdat niet alle waterbodembodemkwaliteiten bekend zijn in de database van de gemeente is gebruik gemaakt van interpolatie technieken om de kwaliteiten in te schatten van de vrijkomende bagger. In bijlage 3.2 is dit verder toegelicht. De materiaaleigenschappen zijn dus bepaald door de kwaliteit van de baggerspecie te bepalen, alsmede de bodemsoorten van de watergangen. De bodemsoort vertelt namelijk wat voor de structuur die baggerspecie heeft. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen 3 soorten: zand, klei, en veen. Hiervoor is ook gebruik gemaakt van interpolatie technieken om een inschatting te maken van de gegevens (zie bijlage 3.2). Dit komt omdat ook in deze database gegevens miste. Op de volgende pagina's kunt u lezen over de kwaliteit en de bodemsoorten in relatie tot de hoeveelheden baggerspecie.

Kwaliteit van de baggerspecie

Aan de hand van de methodiek hoe de baggerspecie afgevoerd wordt zoals beschreven in paragraaf 2.1, blijkt uit grafiek 3 dat de gemeente 77% van de baggerspecie als ontvangstplicht uit de hoofdwatgangen moet afvoeren. Dit komt neer op zo'n 159.411 m³ baggerspecie, wat in potentie geschikt is om op de kant te mogen plaatsen, mits de ontvangende bodem dit toe laat. Het waterschap zal zelf de matig tot sterk verontreinigde baggerspecie moeten afvoeren, wat neerkomt op 23% van de baggerspecie van de hoofdwatgangen. Dit is 46.956 m³.



Grafiek 3: Hoofdwatgangen vrijkomende baggerspecie in m³: classificering toepassing landbodem

Grafiek 4: Overige watgangen vrijkomende baggerspecie in m³: classificering toepassing landbodem

Voor de overige watgangen draagt de gemeente de verantwoordelijk om te baggeren en de baggerspecie af te voeren. In grafiek 4 is de klassenverdeling van baggerspecie te zien voor de overige watgangen. Hieruit blijkt dat 91% van de baggerspecie geschikt is om op de kant te mogen plaatsen, mits de ontvangende bodem dit toe laat. Dit staat gelijk aan 231.905 m³ baggerspecie. De resterende 9% matig tot sterk verontreinigde specie zal afgevoerd moeten worden, wat neerkomt op 24.447 m³.

De totale hoeveelheid baggerspecie die de gemeente moet verwerken, inclusief ontvangstplicht (voor de klassen natuur, landbouw en wonen) uit de hoofdwatgangen, komt neer op 415.763 m³. Hiervan is 391.316 m³ (zo'n 94% van de baggerspecie die de gemeente moet verwerken) potentieel geschikt voor hergebruik, waarvan 24.447 m³ (6% van de baggerspecie die de gemeente moet verwerken) niet geschikt is voor hergebruik omdat het om de klassen industrie en verontreinigd gaat.

Bodemsoort van de baggerspecie

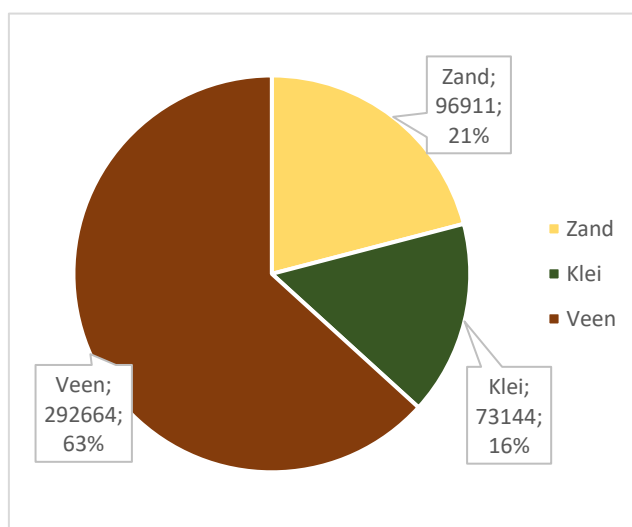
De waterbodemsomsoort van een watergang zegt wat over de structuur van de baggerspecie in die watergang. Zo is zanderige specie makkelijker te ontwateren dan veenachtige specie en veenachtige specie weer wat gemakkelijker te ontwateren dan kleiachtige specie (Sundermeijer, 2019). Daarom is uitgezocht wat het aandeel van deze bodemsoorten is in relatie tot de hoeveelheden bagger die vrijkomt. In bijlage 3.4 zijn hierover aanvullende gegevens in tabellen weergegeven, inclusief de bijbehorende kwaliteiten van de baggerspecie in combinatie met de bodemsoorten.

Tabel 6: Waterbodemsomsoorten in relatie tot vrijkomende baggerspecie

Type watergang	Bodemnummer	Bodemsoort	Hoeveelheid vrijkomende baggerspecie in m ³
Hoofdwatgangen	1	Zand	50022
	2	Klei	34157
	3	Veen	122188
Overige watgangen	1	Zand	46889
	2	Klei	38987
	3	Veen	170476
Totaal:	1	Zand	96911
	2	Klei	73144
	3	Veen	292664

In tabel 6 is te zien hoeveel baggerspecie er vrijkomt in relatie tot de bodemsoorten van de watgangen. De totaalresultaten zijn ook in grafiek 5 te zien waaruit op te maken valt dat 21% zanderige specie is, 16% kleiachtige specie, en 63 % veenachtige specie.

Grafiek 5: Vrijkomende soort baggerspecie in hoofd en overige watgangen in m³.



2.2.2 Vrijkomend maaisel

Om een inschatting te kunnen maken van het maaisel dat vrijkomt in de gemeente Rotterdam is door middel van een GIS-analyse bepaald wat het oppervlak is van waar het materiaal vrijkomt per perceel. In tabel 7 zijn de vrijkomende hoeveelheden van de aannemers te zien samen met de percelen die ze beheren in de gemeente Rotterdam.

Tabel 7: Gegevens vrijkomende hoeveelheden groen in ton van aannemers:

<i>Aannemer</i>	<i>Percelen</i>	<i>Gebieden</i>	<i>Type onderhoud (bestek)</i>	<i>Vrijkomende organische materialen op jaarbasis</i>	<i>Vrijkomende anorganisch materialen op jaar basis</i>
<i>Punt</i>	1 & 3	Prins Alexander, Kralingen, Crooswijk, noord, centrum, Delfshaven	Groen en de watergangen	835 ton voor heel het gebied	Geen gegevens
<i>Megron</i>	2	Hilligersberg- Schiebroek	Watergangen	367 ton voor heel het gebied	10 ton voor heel het gebied

2.2.2.1 Groen oppervlak:

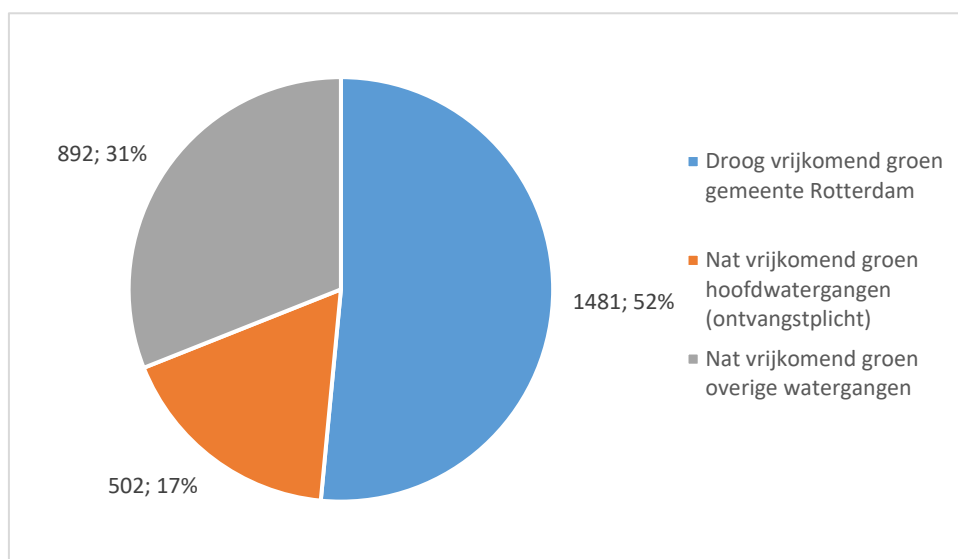
De oppervlakten van alle groene gedeelten die in beheer zijn bij de gemeente Rotterdam zijn uit de basisregistratie grootschalige topografie (BGT) geëxporteerd, om zo de oppervlakten te bepalen waar het groen vrij komt per perceel.

Door gebruik te maken van de formules in bijlage 3.5, is met de gegevens uit bovenstaande tabel 7, het vrijkomend groen uit de watergangen en de groen oppervlakken berekend. Dit is voor heel Rotterdam gedaan, wat te zien is in bijlage 3.5 in de tabellen 31, 32 en 33.

2.2.2.2 Oppervlak hoofd en overige watergangen voor maaien en krozen

1. Door te bepalen wat het natte oppervlak is van de watergangen kan een inschatting gemaakt worden van de vrijkomende hoeveelheid materiaal van de maai en kroos werkzaamheden in de watergangen.
2. Deze hoeveelheden zijn bepaald door in GIS de watergangen bestanden (shapefiles) op te meten. Zowel de oppervlakten van de overige watergangen als de hoofd watergangen zijn bepaald. Per perceel is uitgerekend hoeveel ton groen er vrijkomt.

Grafiek 6: Vrijkomende materialen groen in tonnen op jaarbasis.



Tabel 8: Totale hoeveelheid vrijkomend groen en anorganische materialen in de gemeente Rotterdam in tonnen op jaarbasis.

Soort gebied:	Groen	Watergangen	Totaal:
Oppervlakten totaal in hectare:	3405	927	4332
Totaal vrijkomend groen materiaal (organisch) in tonnen	1481	1394	2875

De totale hoeveelheden vrijkomend groen zijn te zien in tabel 8. In grafiek 6 is te zien hoe de hoeveelheden zijn opgebouwd. In totaal moet de gemeente op jaarbasis 2875 ton groen afvoeren en verwerken.

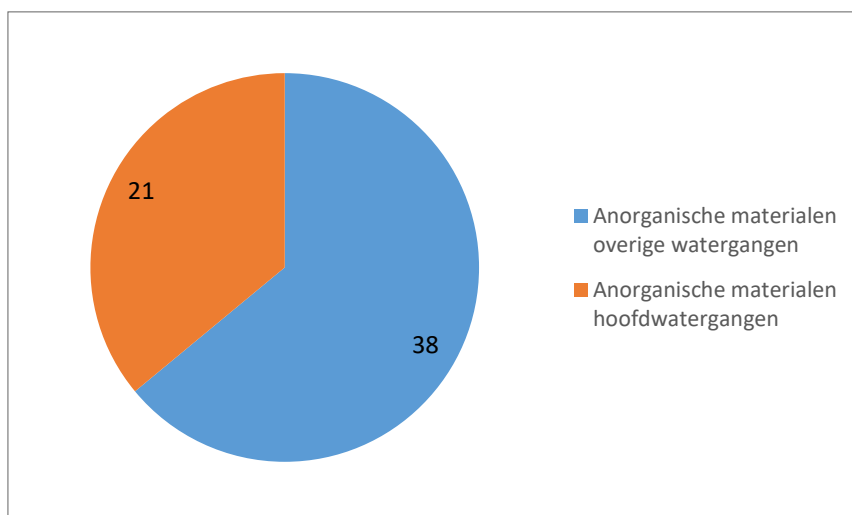
Anorganische materialen

Uit de watergangen komen ook anorganische materialen vrij. Op jaarbasis inclusief ontvangstplicht is dit 59 ton op jaarbasis. Dit is berekend aan de hand van onderstaande formule.

$$\text{Aantal ton vrijkomend anorganisch materiaal per m}^2 \text{ watergang} = \frac{10}{\text{oppervlak aan watergang perceel 2}}$$

Door te vermenigvuldigen met de resterende percelen en hun oppervlak aan watergang is het vrijkomend anorganisch materiaal voor heel Rotterdam berekend. De resultaten zijn te zien in bijlage 3.5 in de tabellen 31, 32 en 33 en in grafiek 7 hieronder.

Grafiek 7: Anorganische vrijkomende materialen uit de watergangen in Rotterdam



Door veldwerk te doen is er gekeken welke anorganische materialen er vrijkomen uit de watergangen. Deze materialen bleken zeer divers, wat ook werd bevestigd door schone stad (Balentina, 2019). Voorbeelden zijn te zien in de figuren 11 en 12. Schone stad is het orgaan van de gemeente dat deze werkzaamheden uitvoert. Vanwege de diversiteit aan het materiaal dat vrijkomt en aan de hand van de data waaruit de hoeveelheden bleken (relatief een kleine stroom in vergelijking met de rest van de vrijkomende materialen), is ervoor gekozen om deze materiaalstroom verder niet mee te nemen in de paragrafen 2.3 en 2. 4.



Figuur 11: Anorganische materialen verwijderen uit de uit de Crooswijksesingel in Rotterdam.



Figuur 12: Anorganische materialen uit de watergangen.

2.2.3 Vrijkomende bladeren

Voor de analyse van het vrijkomend blad was bekend dat er 400 ton blad vrijkomt voor de gebieden Hillegersberg-Schiebroek en Overschie samen. Dit is gebleken uit aangeleverde gegevens (Sundermeijer, 2019). Er is gekozen voor het hele beheersgebied van de gemeente Rotterdam om zo de hoeveelheid vrijkomend blad integraal te bekijken.

De hoeveelheid vrijkomend blad in de gemeente Rotterdam is bepaald door de volgende formule te gebruiken:

$$\text{Aantal ton blad op jaarbasis per boom} = \frac{400}{\text{aantal bomen Hilligerberg Schiebroek} + \text{aantal bomen Overschie}}$$

Aan de hand van bovenstaande formule is bepaald dat er 0,01577 (ongeveer 16 kg) ton blad op jaarbasis per boom vrijkomt. Deze hoeveelheid is vermenigvuldigd met het aantal bomen per wijk om zo de hoeveelheid blad per wijk te bepalen. In totaal komt er 2850 ton blad vrij in de hele gemeente Rotterdam op jaarbasis. De precieze analyse is terug te vinden in bijlage 3.6. De resultaten zijn te zien in tabel 9.

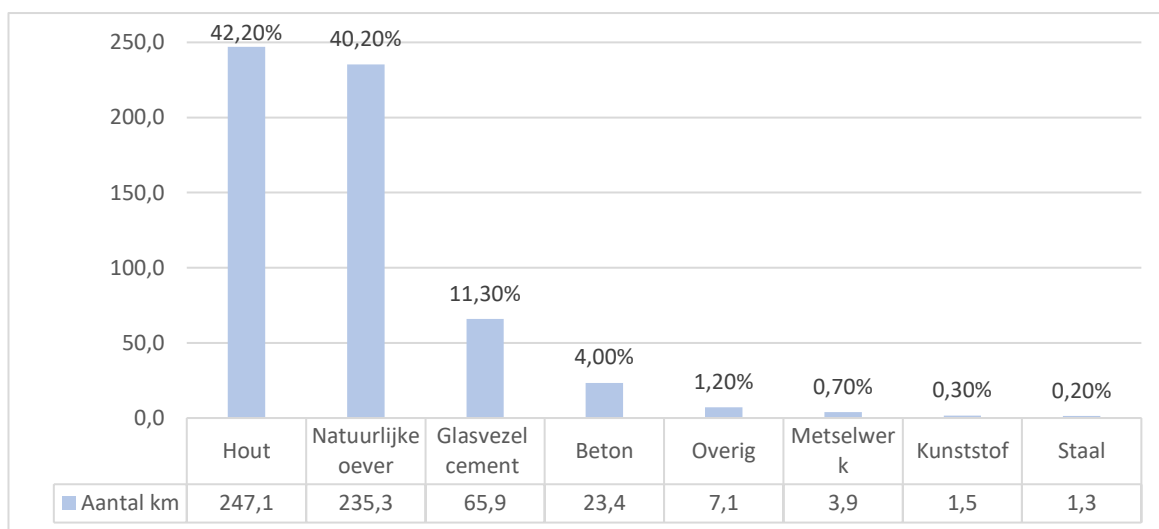
Tabel 9: Hoeveelheid vrijkomend blad per wijk in Rotterdam.

Wijken:	Aantal bomen per wijk:	Aantal ton bladeren per jaar per wijk:
Bedrijventerrein Schieveen	0	0
Charlois	19603	309
Delfshaven	10779	170
Feijenoord	12285	194
Hilligersberg-Schiebroek	13696	216
Hoek van Holland	5152	81
Hoogvliet	12170	192
IJsselmonde	16469	260
Kralingen-Crooswijk	17088	269
Nieuw Mathenesse	169	3
Noord	9147	144
Overschie	11676	184
Pernis	1682	27
Prins Alexander	31737	500
Rivium	95	1
Rotterdam-Noord-West	1446	23
Rotterdam Centrum	8847	139
Rozenburg	7697	121
Spaanse Polder	1055	17
Totaal:	180793	2850

2.2.4 Vrijkomende beschoeiingsmaterialen

Deze analyse is gedaan door te kijken naar welk materiaal er bij welke beschoeiing in de database hoort. De resultaten staan weergegeven in grafiek 8. In bijlage 3.7 is de precieze analysemethode te zien. 42,2 procent van alle beschoeiingen die Rotterdam in beheer heeft bestaat uit hout, gevolgd door 11,3% aan glasvezelcement, en 4% aan beton. Wanneer er onderhoud plaatsvindt is de kans groot dat er materialen van hout vrijkomen. Omdat dit de meest gebruikte materiaal soort is voor de beschoeiingen in Rotterdam zal dit materiaal type verder geanalyseerd worden in paragraaf 2.3. Het aandeel natuurlijke oevers van 40,2% is wat betreft vrijkomende materialen meegenomen in het vrijkomende maaisel. Voor meer informatie over beschoeiingen en de staat waarin ze verkeren wordt verwezen naar het onderzoeksrapport omtrent oeverbescherming (Boer, 2019).

Grafiek 8: Totale lengte aan beschoeiing in kilometers per materiaal type.



2.2.5 Conclusie deelvraag 2:

In dit hoofdstuk is antwoord gegeven op deelvraag 2: *Wat zijn de materiaaleigenschappen en de hoeveelheden van de vrijkomende materialen?*

Hieronder zal er per vrijkomend materiaal een conclusie getrokken worden:

1. **Vrijkomende baggerspecie:** De vrijkomende baggerspecie die de gemeente Rotterdam moet verwerken voor alle watergangen inclusief ontvangstplicht is 415.763m³. 94% is potentieel geschikt voor hergebruik en 6% is niet geschikt voor hergebruik. Van alle baggerspecie die vrijkomt is 21% zanderige specie, 16% kleiachtige specie en 63 % veenachtige specie.
2. **Vrijkomend groen:** Het vrijkomend groen (maaisel) wat vrijkomt in Rotterdam kan onderverdeeld worden in twee categorieën: nat en droog maaisel. Er komt 1481 ton droog maaisel vrij en 1394 ton nat maaisel op jaarbasis. Naast maaisel worden er ook anorganische materialen uit de watergangen gehaald. In totaal is dit 59 ton op jaarbasis. Het anorganische materiaal is zeer divers en een relatief kleine stroom. Daarom wordt dit vrijkomende materiaal niet verder meegenomen.
3. **Het totaalaantal vrijkomende bladeren** voor heel Rotterdam op jaarbasis is 2850 ton. Dit kunnen zowel natte als droge bladeren zijn.
4. **Vrijkomende beschoeiingsmaterialen:** Het is lastig te bepalen hoeveel vrijkomende beschoeiing materialen er op jaarbasis zijn. Dit komt omdat beschoeiingen momenteel niet onderhouden worden. Wanneer wel onderhoud plaatsvindt is er sprake van een potentieel gevaarlijke situatie. Om toch een inschatting te maken van het materiaal dat vrij kan komen is gekeken naar het totaal areaal aan beschoeiing en uit welk materiaal ze bestaan. Hieruit is gebleken dat de grootste materiaal typen hout (247 km, 42%), glasvezelcement (66 km, 11%) en beton (23km, 4%) zijn.

2.3 Hergebruik toepassingen voor de vrijkomende materialen

Om een optimaal beeld te krijgen wat voor hergebruik toepassingen er mogelijk zijn voor baggerspecie, maaisel, bladeren, en beschoeiing materialen, zijn hieronder verschillende relevante toepassingen beschreven die het hergebruik van de materialen kunnen verbeteren. Hierbij moet vermeld worden dat dit geen uitputtende lijst is. Er is gekeken naar huidig gebruikte toepassingen en potentieel kansrijke toepassingen die voorgedragen zijn door betrokken experts.

De hergebruiktoepassingen voor baggerspecie, maaisel en bladeren zullen getoetst worden in een MCA om te kijken welke toepassingen het meest geschikt zijn per materiaal voor de gemeente Rotterdam.

Maaisel en bladeren wordt als 1 stroom gezien, omdat de afvoer methode op dit moment hetzelfde is, namelijk composteren. Daarom zullen deze stromen in één MCA getoetst worden.

2.3.1 Hergebruik toepassingen voor vrijkomende baggerspecie

Voor baggerspecie zijn een aantal hergebruik toepassingen nader onderzocht. Het gaat om de volgende toepassingen: baggerspecie lokaal ontwateren, ontwateren in een tijdelijk depot en teelaarde maken en bagger toe passen in oever bescherming. Ook is gekeken naar ontwateren en vervolgens afvoeren.

2.3.1.1 Baggerspecie lokaal ontwateren en op de kant zetten

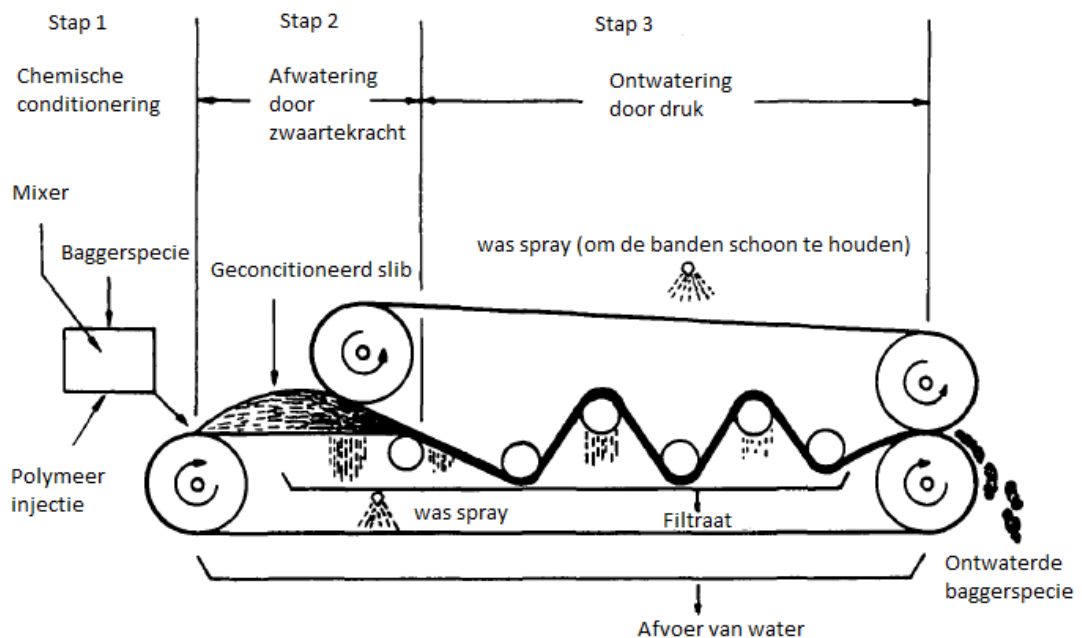
Om baggerspecie lokaal te ontwateren is een ontwateringsmethode nodig. Hiervoor is gekeken naar het gebruik van een bandenpers. Dit is een methode die door heel Nederland gebruikt wordt om baggerspecie op een snelle manier lokaal te ontwateren. Het ontwateren van de baggerspecie is van belang om het draagvlak van omwonenden te verhogen en om te voorkomen dat de baggerspecie, wanneer er sprake is van een talud, weer terug de watergang instroomt (Sundermeijer, 2019).

Voordat de baggerspecie de bandenpers in kan moet het materiaal gezeefd worden. Dit zeefproces bestaat uit een aantal stappen (Smal, 2019):

1. Grof materiaal verwijderen.
2. Stenen verwijderen.
3. Eventueel materiaal versnijden om ontwatering te bevorderen.

Doormiddel van het gebruik van een bandenpers wordt de baggerspecie in 3 stappen ontwaterd. Dit is te zien in figuur 13 (Environment Protection Agency, 1986).

1. Chemische conditionering: bij deze stap wordt een stof toegevoegd bij de baggerspecie genaamd polymeer. Deze stof zorgt ervoor dat de vaste stof in de baggerspecie het slib gaat binden tot een slibvlok. In de waterige stroom ontstaan er dan slibvlokken, wat ook wel conditioneren genoemd wordt.
2. Afwatering door zwaartekracht: Bij deze stap wordt het water gescheiden van de slibvlokken door het over een filter heen te duwen.
3. Ontwatering door druk: Het overgebleven water wat zich nog in de baggerspecie bevindt wordt, door verschillende banden tegen elkaar te laten wrijven, uit de baggerspecie geperst. Dit gaat in verschillende stappen waar de druk steeds hoger wordt.



Figuur 13: Schematische weergave van een bandenpers (Environment Protection Agency, 1986)

Het eindproduct is baggerspecie waar gemiddeld een volumereductie heeft plaatsgevonden van een factor 4. Bij een gemiddelde soort baggerspecie is er sprake van zo'n 8% droge stof. Door het gebruik van een bandenpers betekent dit dat het eindproduct beschikt over ongeveer 32% droge stof (Smal, 2019). Er is dan sprake van een vaste koek, die toepasbaar is op een talud, zonder dat het terug de watergang in kan stromen. Een voorbeeld is te zien in figuur 14.



Figuur 14: Vaste slibkoek als resultaat wat uit de bandenpers komt (Solis, sd).

Wanneer baggerspecie op de kant gezet wordt is er een onverharde oever nodig. Rotterdam bestaat niet alleen maar uit verharde oevers, er zijn ook genoeg onverharde oevers. Voorbeelden zijn te zien in de figuren 15 en 16.



Figuur 15: De linker Rotte kade in Rotterdam.



Figuur 16: De Crooswijksesingel in Rotterdam.

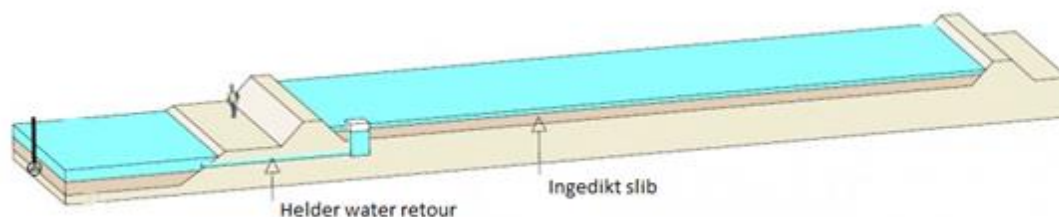
In tabel 10 zijn de kosten weergegeven per m³. Te zien is dat de toepassing kosten en CO₂-uitstoot bespaart. In paragraaf 2.4 zal de haalbaarheid verder getoetst worden en in tabel 16 wordt de toepassing getoetst in een MCA.

Tabel 10: De kosten van zeven, ontwateren (doormiddel van een bandenpers), frezen en inzaaien.

Type kosten	Kosten ontwateren /m ³	Kosten frezen en inzaaien	Totale kosten	CO ₂ uitstoot in kg/m ³
Ontwateren met een bandenpers en op de kant zetten	8,00	2,61	10,61	0,48
Huidige afvoer methode naar de Plas van Heenvliet	Nvt	Nvt	14,32	4,90

2.3.1.2 Ontwateren in een tijdelijk depot en teelaarde maken

De gemeente Rotterdam heeft op dit moment een tijdelijk depot in gebruik waar baggerspecie ontwaterd wordt. Op jaarbasis heeft dit depot een capaciteit van 7000m³. Het tijdelijk depot is een stuk grond waar de baggerspecie tijdelijk opgeslagen wordt tussen dijkjes, voor een periode van maximaal 3 jaar (Bodemplus, sd). De baggerspecie kan dan luchten en wordt ontwaterd door het gedurende een jaar te laten liggen tussen deze dijkjes. Dit proces is schematisch weergegeven in figuur 17.



Figuur 17: Schematische weergave van ontwatering in een depot (Promeco, sd)..

Een permanente opslag zou deze optie verbeteren omdat er niet telkens een nieuw depot opgezet hoeft te worden met alle bijkomende kosten. Een tijdelijk depot opzetten is echter al lastig om geregeld te krijgen, laat staan een permanent depot voor baggerspecie. Dit komt omdat de vastgoedafdeling van de gemeente Rotterdam de optie wil openhouden om de grond te kunnen ontwikkelen. Wanneer er een depot op gezet wordt vervalt die optie (Kreft, 2019). Om te ontwateren is ongeveer een jaar de tijd nodig. Vervolgens kan de grond, want dit is het nu, gebruikt worden als teelaarde voor groenstroken in Rotterdam. Wanneer dit verder opgeschaald wordt, is veen importeren bij de grondbank in Gouda niet meer nodig. Dit veen is nodig om de teelaarde aan voldoende organische stof te laten voldoen. Omdat baggerspecie al over een hoog organisch stofgehalte beschikt (63% van de baggerspecie die vrijkomt bestaat uit veenachtige specie) kan het veen vervangen worden. Hiermee worden kosten voor importeren bespaard, alsmede transportbewegingen en bijkomende CO₂ uitstoot (Groeneveld, 2019).

Bovengenoemde optie werkt alleen, door in de interne vraag aan teelaarde te voorzien. De gemeente mag het materiaal namelijk niet verkopen omdat er geen winst gemaakt mag worden (Groeneveld, 2019). Dit betekent dat niet alle vrijkomende baggerspecie ontwaterd kan worden op deze manier. De varianten met en zonder veen import uit Gouda zijn vergeleken in tabel 11. Voor een uitgebreide kosten toelichting wordt verwezen naar bijlage 4.1.

Tabel 11: Kosten en CO₂ vergelijking huidige variant met opgeschaalde variant.

Categorie:	Totale kosten per m ³	CO ₂ uitstoot per m ³
Huidige variant met veen import uit Gouda	14,30	8,10
Opgeschaalde variant zonder veen import	7,57	2,79

2.3.1.3 Beschoeiing maken van baggerspecie

Van baggerspecie kunnen beschoeiingen gemaakt worden. Bij deze methode wordt de baggerspecie ontwaterd en vervolgens gemixt met natuurlijke binders. Door dit vervolgens te persen in een blok wordt bruikbare beschoeiing gemaakt. In figuur 18 is een voorbeeld weergegeven van een geperst beschoeiing blok van baggerspecie.

Deze methode is lokaal inzetbaar en kan vrijwel direct worden uitgevoerd nadat gebaggerd is. De baggerspecie moet wel eerst ontwaterd worden wat een aantal dagen kost (Waardenburg, 2014). Deze methode is uitgevonden en ontwikkeld door het bedrijf Netics uit Alblasserdam. Hun product



Figuur 18: Een voorbeeld van een geperst beschoeiing blok van baggerspecie, genaamd de "Geowall" (KWS, 2017).

waar ze beschoeiing maken van baggerspecie heet de Geowall. Er rust patent op de formule en verhoudingen waar de natuurlijke binder uit bestaat en hoe deze toegepast moet worden bij de baggerspecie.

De huidige beschoeiing in Rotterdam bestaat voornamelijk uit hout. Hiervoor geldt een rekenbedrag van 125 euro per strekkende meter met een levensduur van ongeveer 15 jaar (Labrovic-Hoogland, 2019). De beschoeiing met de methode van Netics is 261 euro per strekkende meter met een levensduur van 50 jaar. De levensduren verschillen met een factor 3,33. Dit betekent dat een houtenbeschoeiing 417 euro per strekkende meter kost voor een levensduur van 50 jaar. Dit is te zien in tabel 12. De berekening hiervoor is terug te vinden in bijlage 4.1.

Bovengenoemde methode is alleen toepasbaar wanneer beschoeiingen vervangen moeten worden. Echter liggen hier kansen om het preventief onderhoud op te pakken en het budget voor het baggeren te gebruiken om het achterstallig onderhoud voor beschoeiingen weg te werken. Voor de methode is ook lokaal ruimte nodig om te kunnen ontwateren. Dit betekent dat deze methode niet voor alle watergangen in Rotterdam inzetbaar is vanwege ruimtegebrek. Netics werkt aan een fabriek waar beschoeiingen geperst kunnen worden (KVK Innovatie Top 100, 2016). Dit betekent dat de werkzaamheden lokaal uitvoeren niet een vereiste is. Wenselijk is het wel omdat de nodige transportbewegingen en bijkomende CO₂ uitstoot hiermee voorkomen worden.

De beschoeiingen zijn tot nu toe alleen gemaakt met de klassen natuur tot en met wonen. Omdat er sprake is van uitloging, wat betekent dat er stoffen vrijkomen uit het blok, is het niet wenselijk om de blokken toe te passen op een schonere klasse grond. Hiermee wordt vervuiling voorkomen (Labrovic-Hoogland, 2019).

Tabel 12: Vergelijking kosten van de Geowall met kosten van een traditionele beschoeiing

Categorie:	Kosten per strekkende meter in euro	Levensduur in jaren	Kosten omgerekend naar euro/m ³ (lengte van 0,81cm)
Geowall	261	50	211
Traditionele houten beschoeiing	417	50	337

2.3.1.4 Bagger ontwateren en daarna afvoeren op de huidige manier

Door eerst te ontwateren en daarna af te voeren wordt een aanzienlijk voordeel behaald in volumereductie van de af te voeren bagger. Het volume wordt gereduceerd met een factor 4 wat betekent dat de afvoerkosten ook met een factor 4 gedeeld kunnen worden. Echter staat hiertegenover dat wel voor 7 euro/m³ lokaal ontwaterd moet worden.

Deze methode is niet circulair, maar zorgt wel voor een aanzienlijke kostendaling, alsmede een CO₂-reductie. De resultaten zijn te zien in tabel 13.

Tabel 13: Vergelijking kosten en CO₂ uitstoot voor baggerspecie eerst ontwateren en vervolgens afvoeren en huidige methoden.

<i>Categorie:</i>	<i>Huidige kosten in euro/m³</i>	<i>CO₂ uitstoot door transport in kg/m³</i>	<i>Kosten afvoeren door eerst te ontwateren in euro/m³</i>	<i>CO₂ uitstoot wanneer eerst ontwaterd is in kg/m³</i>
<i>Plas van Heenvliet</i>	14,32	3,88	10,58	0,97
<i>De Slufter</i>	16,18	6,92	11,05	1,73

2.3.2 MCA-hergebruik toepassingen voor vrijkomende baggerspecie

Aan de hand van interviews zijn de criteria en de gewichten bepaald van de MCA. In tabel 14 zijn de criteria en de gewichten te zien met een toelichting. Voor elk criterium is per toepassing de score bepaald aan de hand van gesprekken en documenten. Deze scores zijn vervolgens weer afgestemd (Labrovic-Hoogland, 2019).

De MCA-probleemanalyse is te zien in tabel 15 en in tabel 16 is de gestandaardiseerde versie met toegekende gewichten te zien.

In bijlage 4.1 in de tabellen 39 tot en met 48 is per criteria toegelicht hoe de scores en de gewichten tot stand zijn gekomen.

Tabel 14: Gewichten voor de MCA baggeren

<i>Categorie</i>	<i>Criteria</i>	<i>Gewicht</i>	<i>Toelichting</i>
<i>Milieu</i>	Flora en fauna	0,15	De mate waarin de toepassing kansen biedt voor het bodemleven wat meegekomen is in de baggerspecie om de weg terug te vinden naar de watergang.
	Afstand	0,05	De afstand voor transport van het vrijkomende materiaal.
	CO ₂ uitstoot door transport	0,10	Uitstoot van CO ₂ door het transporteren van het vrijkomende materiaal.
<i>Omgeving</i>	Omgevingsoverlast	0,10	De mate waarvan de omgeving overlast ondervindt door de toepassing.
	Omgevingsbaten	0,10	De mate waarvan er sprake is van positieve effecten van de toepassing voor de omgeving.
<i>Bewustheid</i>	Duurzaamheid	0,10	De mate van duurzame effecten van de toepassing en duurzaamheid van het concept.
	Circulariteit	0,10	De mate van hoe circulair de toepassing is.
<i>Kosten en baten</i>	Kosten	0,10	De kosten die bij de toepassing komen kijken.
	Besparingen	0,10	De besparing die de toepassing oplevert ten opzichte van de huidige methode.
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	Ruimte voor de maatregel	0,10	De mate van ruimte voor de toepassing in stedelijk gebied.
<i>Totaal:</i>		1,00	

Tabel 15: MCA-probleemanalyse hergebruik toepassingen voor vrijkomende baggerspecie

<i>Categorie</i>	<i>Criteria</i>	<i>Kosten/ baten</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Bagger op de kant en ontwateren</i>	<i>Teelaarde</i>	<i>Bagger toepassen in oever bescherming</i>	<i>Afvoeren plas van Heenvliet</i>	<i>Ontwateren en afvoeren plas van Heenvliet</i>	<i>Afvoeren Slufter</i>	<i>Ontwateren en afvoeren Slufter</i>
<i>Milieu</i>	Flora en fauna		--/++	++	--	++	--	++	--	++
	Afstand	Kosten	km	0	16,3	0	30,7	7,7	43	10,8
	CO ₂ uitstoot door transport	Kosten	kg CO ₂ /m ³	0,48	2,06	1,43	3,88	0,97	6,92	1,73
<i>Omgeving</i>	Omgevings- overlast		--/++	--	-	--	-	--	-	--
	Omgevings- baten		--/++	++	+	++	--	--	--	--
<i>Bewustheid</i>	Duurzaamheid		--/++	++	+	++	--	--	--	--
	Circulariteit		--/++	++	+	++	--	--	--	--
<i>Kosten</i>	Kosten	Kosten	Euro/ m ³	10,61	7,17	211,37	14,32	10,58	16,18	11,05
	Besparingen	Besparingen	Euro/ m ³	3,71	6,73	125,79	0	3,74	0	5,13
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	Ruimte voor maatregel		--/++	+	-	+	--	--	--	--

Tabel 16: MCA-standaardisatie hergebruik toepassingen voor vrijkomende baggerspecie

Categorie	Gewicht per categorie	Criteria	Gewicht	Kosten/baten	Eenheid	Bagger op de kant	Teelaarde	Bagger toepassen in oever bescherming	Afvoeren naar plas van Heenvliet	Ontwateren en afvoeren naar plas van Heenvliet	Afvoeren naar de Slufter	Ontwateren en afvoeren naar de Slufter
Milieu	0,30	Flora en fauna	0,15		--/++	0,15	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,15
		Afstand	0,05	Kosten	km	0,00	0,03	0,00	0,01	0,04	0,00	0,04
		CO ₂ uitstoot door transport	0,10	Kosten	kg CO ₂ /m ³	0,09	0,07	0,08	0,04	0,09	0,00	0,08
Omgeving	0,20	Omgevingsoverlast	0,10		--/++	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00
		Omgevingsbaten	0,10		--/++	0,10	0,08	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Bewustheid	0,20	Duurzaamheid	0,10		--/++	0,10	0,08	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
		Circulariteit	0,10		--/++	0,10	0,08	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Kosten	0,20	Kosten	0,10	Kosten	Euro/ ton	0,09	0,10	0,00	0,09	0,09	0,09	0,09
		Besparingen	0,10	Baten	Euro / ton	0,00	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Toepasbaarheid in de stad	0,10	Ruimte voor maatregel	0,10		--/++	0,08	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaal	1,00		1,00			0,72	0,48	0,70	0,18	0,37	0,12	0,36

2.3.3 Hergebruik toepassingen voor vrijkomend groen

Voor vrijkomend groen zijn de opties fermenteren en composteren onderzocht. Op dit moment wordt van al het vrijkomend groen compost gemaakt. Dit gebeurt door de materialen af te voeren naar externe partijen die er compost van maken en vervolgens weer doorverkopen aan de markt. De fermentatie optie is getoetst aan de huidige compost afvoermethode. Er is gekeken met oog op de transportkosten en bijkomende emissies of lokaal fermenteren een alternatief zou kunnen zijn. Hierbij is gekeken naar cijfers van een pilot van de gemeente Hengelo. Daarnaast is gekeken wat de verschillen zijn in beide methoden en of dit effect heeft op het eindproduct.

Naast fermenteren en composteren is er gekeken naar bioraffinage. Dit is een methode waar bruikbare stoffen uit organisch materiaal gehaald worden om er een product van te maken. Er is gekeken wat de mogelijkheden zijn om dit voor het maaisel in Rotterdam te doen.

2.3.3.1 Composteren:

Composteren is een aeroob proces, wat betekent dat het een methode is waar zuurstof vereist is voor het afbraakproces. Vrijkomend groen kan doormiddel van deze methode worden omgezet in een bodem verbeterend product. Dit geldt voor zowel bladeren als voor maaisel (Slingerland, 2019). Het materiaal wordt afgebroken door micro-organismen wat gestimuleerd wordt wanneer het materiaal met regelmaat wordt omgekeerd. Bovendien verbeterd de kwaliteit van het product op die manier. Dit komt omdat er dan meer zuurstof bij de materialen kan komen wat het proces versneld. Door deze micro-organismen warmt het materiaal op en wordt een groot gedeelte van de materialen verteerd (Hitman, Anke; Bos, Klaas; Bosch, Marlou; van der Kolk, Arjan, 2013). Daarnaast komt er door deze micro-organismen CO₂ vrij (Dekker, van Zeeland, & Pauw, 2010). Wanneer er sprake is van een goed eindproduct bevat compost een hoog organisch stofgehalte en nutriënten die geleidelijk beschikbaar komen voor planten wanneer het over de bodem verspreid wordt (compostmeester, sd).

De effectiviteit en het werk wat vereist is om compost te maken hangt samen met de hoeveelheid van het te composteren materiaal. Om compost te kunnen maken is minimaal 1m³ materiaal nodig. Als er minder dan een 1m³ materiaal is dan kan er niet genoeg hitte gecreëerd worden. Alles groter dan een kuub zorgt juist voor veel hitte, wat vraagt om verschillende technieken en strategieën om het proces goed te kunnen sturen. Compost kan dus opgeschaald worden maar het vereist meer arbeid en meer tijd om uiteindelijk een goed eindproduct te krijgen. Bij composteren wordt er uitgegaan van een oxidatie proces. Om goede compost te creëren is minimaal 6 maanden nodig. Echter kan dit ook oplopen tot een jaar (New Society Publishers, Z.D).

De kosten en de CO₂ uitstoot per ton compost zijn weergegeven in tabel 17 hierbeneden.

Tabel 17: De kosten en CO₂ uitstoot voor het compost proces.

Capaciteit	Kosten euro/ton	CO ₂ uitstoot in kg/ton
Compost	80	44

2.3.3.2 Fermenteren:

Fermenteren is een anaeroob proces, wat betekent dat het een methode is zonder zuurstof. Bij fermenteren wordt vrijkomend groen materiaal afgedekt op een luchtdichte wijze, waarna enkele toevoegingen gedaan worden (Smits & Baltissen, 2012).

1. Tarwezemelen die zijn ingeënt met effectieve micro-organisme.
2. Kleimineralen en zeeschelpenkalk.

Deze zaken dienen laagsgewijs aangebracht te worden en vervolgens dient de volledige berg afgedekt te worden zodat er geen zuurstof meer bij kan komen. Er begint dan een proces waarbij de materialen omgevormd worden tot een bodem verbeterend product. Het eindresultaat wordt Bokashi genoemd (New Society Publishers, Z.D). Bij fermenteren kan makkelijk opgeschaald worden. Terug schalen is ook mogelijk. De massa die verwerkt wordt bij fermenteren heeft geen effect op het eindproduct. Dit betekent dat kleine hoeveelheden gefermenteerd materiaal hetzelfde resultaat opleveren als grotere hoeveelheden gefermenteerd materiaal. De methode gaat uit van twee basisprincipes:

1. Het afvoeren van overtollige vloeistoffen uit het systeem
2. Het handhaven van de zuurstofvrije condities in het systeem

Omdat fermenteren wat betreft eindproduct lijkt op het eindproduct dat vrijkomt bij het compost proces, worden hieronder een aantal voordelen benoemt van fermenteren ten opzichte van composteren (Hitman, Anke; Bos, Klaas; Bosch, Marlou; van der Kolk, Arjan, 2013):

1. Nutriënten worden meer behouden bij een fermentatieproces dan wanneer deze materialen gecomposteerd zouden worden. Dit betekent dat een product ontstaat wat voedingsrijker is en dus een betere bodemverbeteraar.
2. Bij fermentatie is geen extra zorg nodig voor het materiaal tijdens het proces waar Bokashi gecreëerd wordt. Zo moeten bij composteren de materialen eens in de zoveel tijd omgedraaid worden zodat voldoende zuurstof bij het materiaal kan komen. Bij fermenteren is alleen menging van de materialen aan het begin nodig.
3. Bij fermentatie hoeft het materiaal niet opgewarmd te worden. Het proces doet zijn werk bij de buitentemperaturen. Bij composteren wordt het materiaal door het proces verwarmd tot zo'n 60,5 graden.
4. Bij fermenteren blijft het meeste materiaal behouden en gaat weinig materiaal verloren. Het verlies aan materiaal komt neer op zo'n 3,2%. Bij composteren bleek dat zo'n 60,2% van het materiaal verloren ging. Waar het organische stofgehalte gehandhaafd bleef bij fermenteren verdween dit grotendeels bij het composteren. Dit organische materiaal is goed voor plant en bodemleven.
5. In vergelijking met composteren heeft de Bokashi methode een aanzienlijk lagere CO₂ voetafdruk dan composteren. Per ton product komt er bij composteren 44kg CO₂ vrij tegenover 0 kg CO₂ voor 1 ton Bokashi (Bvor, 2013).
6. Composteren duurt 6 – 12 maanden terwijl fermenteren 6 – 8 weken nodig heeft (Smits & Baltissen, 2012).

De kosten en de CO₂ uitstoot per ton compost zijn weergegeven in tabel 18 hierbeneden.

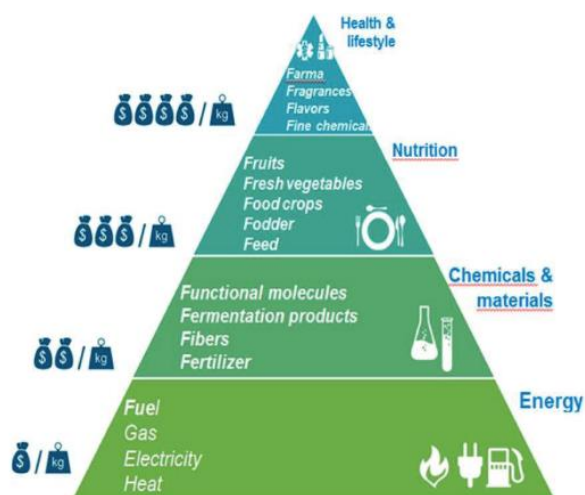
Tabel 18: Kosten en CO₂ uitstoot voor het fermentatieproces

Capaciteit	Kosten euro/ton	CO ₂ uitstoot in kg/ton
Fermenteren	40	0,95

2.3.3.3 Bio raffinage:

Bij bio raffinage kunnen diverse nuttige grondstoffen uit groenresten gehaald worden. Bruikbare groenresten zijn maaisels van bijvoorbeeld oevers, of van waterplanten. Dit kan lokaal gedaan worden doormiddel van een mobiele bio raffinage machine. Het maaisel van oevers en waterplanten kan nat geraffineerd worden. De planten blijven zelfs langer vers wanneer ze na het maaien in de watergang blijven in plaats van op het droge geplaatst te worden. De planten blijven zeker een dag goed zonder verlies aan eiwitten tot aan het moment van raffineren (van Doorn, 2018).

In figuur 19 is de waarde piramide van biomassa te zien. Bovenaan staat de categorie gezondheid en lifestyle, waar het meeste mee te verdienen is. Echter komen deze stoffen niet of nauwelijks voor in een plant. Onderaan staat energie. Hier worden weinig eisen aan gesteld en de meeste plantenstoffen zijn dan ook geschikt voor deze toepassing.



Figuur 19: Waarde piramide van biomassa (van Doorn, 2018).

In opdracht van Stowa, verschillende waterschappen en Rijkswaterstaat is een test uitgevoerd met een bio raffinage machine van het bedrijf GRASSA. Met de machine die het bedrijf levert is het mogelijk om vier producten te maken, alsmede een reststroom van schoon loosbaar water (van Doorn, 2018):

1. Een vezelproduct (voor toepassing in papier en karton of in bio composiet¹)
2. Mineralenconcentraat (meststof)
3. Eiwitconcentraat (diervoer)
4. Suikerconcentraat (dit kan voor diervoer of biogas gebruikt worden).

GRASSA is in 2018 met een 4^e generatie bio raffinage machine op de markt gekomen. Deze heeft een verwerkingscapaciteit van 2 ton/uur. Er wordt ook gewerkt aan een machine met een capaciteit van 4 ton per uur, en op de lange termijn ook al aan 8 ton per uur (van Doorn, 2018).

Hedendaags wordt er nog veel soja geïmporteerd in Europa vanuit Zuid-Amerika. Dit is nodig voor diervoeding omdat in Soja de benodigde eiwitten zitten. Wanneer via bio raffinage de behoefte om soja te importeren gereduceerd wordt, is daarmee een milieu besparing gemoeid. Dit komt omdat er minder transport nodig is voor de import, en tevens zal de vraag naar soja afnemen, waardoor ook de vraag naar soja boerderijen afneemt met grote ontbossingen tot gevolg (van Doorn, 2018).

De kosten en CO₂ uitstoot om te bioraffineren met een klein raffinage station van GRASSA zijn weer gegeven in tabel 19.

Tabel 19: Kosten en CO₂ uitstoot voor een klein mobiel raffinage station van GRASSA

Capaciteit	Kosten euro/ton	CO ₂ uitstoot in kg/ton
4 ton/uur	12	2,42

¹Bio composiet is opgebouwd uit verschillende componenten. Het materiaal heeft een vezelversterkende functie, wat zorgt voor het overbrengen van trekkrachten of drukkrachten. Van dit materiaal kunnen weer producten gemaakt worden (Biocomposiet, sd)

2.3.4 MCA-hergebruik toepassingen voor vrijkomende groen materialen

Aan de hand van interviews zijn de criteria en de gewichten bepaald van de MCA. In tabel 20 zijn de criteria en de gewichten te zien inclusief een toelichting. Voor elk criterium is per toepassing de score bepaald aan de hand van gesprekken en documenten. Deze scores zijn vervolgens weer afgestemd (Labrovic-Hoogland, 2019).

De MCA-probleemanalyse is te zien in tabel 21 en in tabel 22 is de gestandaardiseerde versie met toegekende gewichten te zien.

In bijlage 4.2 in de tabellen 53 tot en met 61 is per criteria toegelicht hoe de scores en de gewichten tot stand zijn gekomen.

Tabel 20: Gewichten voor de MCA vrijkomend groen

Categorie	Criteria	Gewicht	Toelichting
<i>Milieu</i>	Afstand	0,10	De afstand voor transport van het vrijkomende materiaal.
	CO ₂ uitstoot door transport	0,10	Uitstoot van CO ₂ door het transporteren van het vrijkomende materiaal.
<i>Omgeving</i>	Omgevingsoverlast	0,10	De mate waarvan de omgeving overlast ondervindt door de toepassing.
	Omgevingsbaten	0,10	De mate waarvan er sprake is van positieve effecten van de toepassing voor de omgeving.
<i>Bewustheid</i>	Duurzaamheid	0,10	De mate van duurzame effecten van de toepassing en duurzaamheid van het concept.
	Circulariteit	0,10	De mate van hoe circulair de toepassing is.
<i>Kosten en baten</i>	Kosten	0,10	De kosten die bij de toepassing komen kijken.
	Besparingen	0,10	De besparing die de toepassing oplevert ten opzichte van de huidige methode.
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	Ruimte voor de maatregel	0,10	De mate van ruimte voor de toepassing in stedelijk gebied.
<i>Totaal:</i>		1,00	

Tabel 21: MCA-probleemanalyse hergebruik toepassingen voor vrijkomende groen materialen

<i>Categorie</i>	<i>Criteria</i>	<i>Kosten/baten</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Bioraffinage</i>	<i>Lokaal fermenteren</i>	<i>Afvoeren en laten composteren</i>
<i>Milieu</i>	Afstand	Kosten	km	0	5	23
	CO2 uitstoot door transport en uitvoering	Kosten	kg CO2 /ton	2,42	0,95	44,00
<i>Omgeving</i>	Omgevingsoverlast		--/++	+	-	--
	Omgevingsbaten		--/++	+	-	++
<i>Bewustheid</i>	Duurzaamheid		--/++	++	++	+
	Circulariteit		--/++	++	++	-
<i>Kosten</i>	Kosten	Kosten	Euro/ ton	11,58	39,46	79,50
	Besparingen	Baten	Euro/ ton	67,92	40,04	0
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	Ruimte voor maatregel		--/++	++	+	--

Tabel 22: MCA-standaardisatie hergebruik toepassingen voor vrijkomende groen materialen

<i>Categorie</i>	<i>Gewicht per categorie</i>	<i>Criteria</i>	<i>Gewicht</i>	<i>Kosten/baten</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Bioraffinage</i>	<i>Afvoeren en zelf fermenteren</i>	<i>Afvoeren en laten composteren</i>
<i>Milieu</i>	0,25	Afstand	0,1	Kosten	km	0,10	0,08	0,00
		CO2 uitstoot door transport en uitvoering	0,2	Kosten	kg CO2 /ton	0,19	0,20	0,00
<i>Omgeving Bewustheid</i>	0,15 0,2	Omgevingsoverlast	0,1		--/++	0,08	0,03	0,00
		Arbeidsintensiviteit	0,1		--/++	0,08	0,03	0,10
		Duurzaamheid	0,1		--/++	0,10	0,10	0,08
<i>Kosten/baten</i>	0,2	Circulariteit	0,1		--/++	0,10	0,10	0,03
		Kosten	0,1	Kosten	Euro/ ton	0,09	0,05	0,00
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	0,1	Baten	0,1	Baten	Euro/ ton	0,10	0,06	0,00
		Ruimte voor maatregel	0,1		--/++	0,10	0,08	0,00
<i>Totaal</i>	0,9		1			0,92	0,71	0,20

2.3.5 Hergebruik toepassingen voor vrijkomende beschoeiing materialen

In deze paragraaf worden opties besproken hoe beschoeiing materiaal hergebruikt kunnen worden. Hiervoor wordt gekeken naar de het materiaal waar de meeste beschoeiingen uit bestaan, namelijk hout.

Hergebruik van beschoeiing hout:

Door fluctuaties in het water en golfslag tegen de oever verschilt het hoe goed de kwaliteit van het beschoeiinghout nog zal zijn. Zo zal de kwaliteit beter zijn waar de beschoeiing permanent onderwater staat omdat hier minder lucht bij kan komen (Vroonhof, Warringa, & Croezen, 2004). Wanneer een beschoeiing van hout is gemaakt gaat het meestal om een traditionele hardhoutenbeschoeiing (HIP groen, sd). Deze hardhoutenbeschoeiingen kunnen beter tegen hout rot, maar de gegeven levensduur van 25 jaar blijkt in de praktijk niet gehaald te worden. In Rotterdam zijn ze na 15 jaar meestal al aan vervanging toe (Labrovic-Hoogland, 2019). Hout wat dieper onderwater gestaan heeft is mogelijk nog geschikt voor hergebruik. Echter is dit locatie specifiek afhankelijk en kan niet worden gesteld dat dit voor alle beschoeiingen geldt. Eerst zal geïnventariseerd moeten worden of de materialen geschikt zijn om nog her te gebruiken. Wanneer hier sprake van is, kunnen de schot planken hergebruikt worden in een andere toepassing. Het is lastig te zeggen wat dit voor een toepassing is omdat het hout dat vrijkomt telkens van wisselende kwaliteit zal zijn.

De materialen vervallen op dit moment aan de aannemer. Deze kan kiezen wat hij met het materiaal doet. Wanneer materiaal nog geschikt is voor hergebruik kan het materiaal verzaagd worden tot bijvoorbeeld planken die dunner zijn dan de vorige vorm. Het materiaal zou dan toegepast kunnen worden in een steigerconstructie, of als stophout wanneer waterbouwkundige werken onderhouden moeten worden (Vroonhof, Warringa, & Croezen, 2004).

De materialen toepassen waar anders nieuwe materialen voor gebruikt worden lijkt onverstandig. Dit komt omdat opdrachtgevers vrezen voor hogere kosten aan onderhoud wanneer ze oud hout gebruiken. Toepassingen waarvoor de kwaliteit er minder toe doet zoals stophout, zou een uitkomst kunnen bieden.

2.3.6 Conclusie deelvraag 3

In dit hoofdstuk is antwoord gegeven op deelvraag 2: *Welke hergebruik opties zijn er om de vrijkomende materialen nuttig toe te kunnen passen?*

Hieronder zal er per toepassingscategorie een conclusie volgen:

1. **Hergebruik toepassingen voor vrijkomende baggerspecie:** Om baggerspecie te verwerken zijn er verschillende toepassingen mogelijk. Bij alle methoden worden zowel financiële voordelen als milieuvoordelen behaald ten opzichte van de huidige afvoermethoden. Bij de methode baggerspecie lokaal ontwateren wordt ongeveer 26% van de kosten bespaard en is sprake van 88% reductie in CO₂ uitstoot ten opzichte van het afvoeren naar de Plas van Heenvliet. Mede daardoor komt deze maatregel als beste naar voren in de MCA.
2. **Hergebruik toepassingen voor vrijkomend groen:** Voor zowel maaisel als bladeren wordt op dit moment de compostering methode gebruikt. Fermenteren en bioraffinage bieden veelbelovende alternatieven waarbij kosten en CO₂ gereduceerd wordt. Fermenteren kan tegen 50% lagere kosten en tegen 98% minder CO₂ uitstoot. Bioraffinage bespaart 85% aan kosten en heeft een CO₂-reductie van 95%. Deze optie komt als beste in de MCA naar voren. Bioraffinage is echter alleen geschikt voor maaisel, daarom zal de fermentatie optie ook op haalbaarheid getoetst worden.
3. **Hergebruik toepassingen voor vrijkomende beschoeiing materialen:** Omdat de kwaliteit van het beschoeiing hout sterk verschilt afhankelijk van de diepte ten opzichte van het oppervlaktewater, is het lastig te zeggen of er hergebruik mogelijk is met de materialen. Afhankelijk van een inventarisatie zou dit ter plekke vastgesteld moeten worden waarna bepaald kan worden wat de toepassing kan zijn.

2.4 Haalbaarheid toepassingen

De hergebruik toepassingen die in paragraaf 2.3 als beste naar voren zijn gekomen in de MCAs worden in dit hoofdstuk getoetst aan hun haalbaarheid. Er zal gekeken worden naar de juridische haalbaarheid, de maatschappelijke haalbaarheid, financiële haalbaarheid, en de logistieke haalbaarheid. Naast deze toepassingen wordt naar de dominante materiaal soort hout gekeken van beschoeiingen voor hergebruik.

2.4.1 Baggerspecie lokaal ontwateren met een bandenpers en op de kant zetten

Onderstaand zal toelichting gegeven worden op de haalbaarheid voor lokaal ontwateren met een bandenpers en vervolgens de baggerspecie op de kant zetten.

2.4.1.1 Juridische haalbaarheid

Zolang de baggerspecie geen lagere kwaliteit heeft dan de ontvangende bodem tot maximaal klasse wonen, is toepassing op de aanliggende oever mogelijk (Sundermeijer, 2019). Hierbij moet in de gaten gehouden worden dat toepassingsnormen mogelijk veranderen wanneer de landelijke norm voor PFOS, PFOA en GenX bekend wordt (Wintersen & Otte, 2019).

2.4.1.2 Maatschappelijke haalbaarheid

Wanneer er direct ontwaterd wordt op de kant en vervolgens gekozen wordt om de ontwaterde baggerspecie te verspreiden over de oever is het nodig om een proactief beleid uit te stralen richting de omwonenden. Wanneer niks met de baggerspecie gedaan wordt zullen er klachten komen. Daarom is het nodig om de baggerspecie te verspreiden over de oevers en vervolgens direct het gebied, waar het verspreid is, met behulp van een frees het land te bewerken. Op die manier wordt uitgestraald dat de gemeente bezig is met onderhoud uitvoeren. Bovendien is het frezen noodzakelijk om te voorkomen dat de baggerspecie de gras laag eronder verstikt. Dit gebeurt wanneer de baggerspecie op het huidige gazon geplaatst wordt. Het wortelpakket van het huidige gazon blijft dan gehandhaafd waardoor het nieuwe gras niet goed kan groeien. Met frezen wordt dit voorkomen en wordt de huidige gras laag gemengd met de baggerspecie. Door het vervolgens in te zaaien kan het gras zich goed ontwikkelen vanwege de gemixte grond (Zwiep, 2019). De oever ligt als gevolg hiervan 1 maand braak doordat het gras tijd nodig heeft om zich te ontwikkelen. De omwonenden kunnen dan geen gebruik maken van de oever. De werkzaamheden moeten 1 keer in de 10 jaar gebeuren wanneer een watergang gebaggerd wordt. Wanneer omwonenden met een bewustheidscampagne gewezen worden op het feit van de bodem verbeterende functie van de baggerspecie en het tegengaan van zetting is het aannemelijk dat op die manier het draagvlak verhoogd wordt. Verder onderzoek zal dit moeten aantonen. Verder is er 15x15 meter vereist voor de complete ontwateringsinstallatie.

2.4.1.3 Financiële en logistieke haalbaarheid

Zoals uit paragraaf 2.3 bleek kan ontwateren met een bandenpers tegen lagere kosten dan de huidige afvoer methode. Door te ontwateren en niet te transporteren wordt een bedrag van 3,71 euro/m³ bespaard.

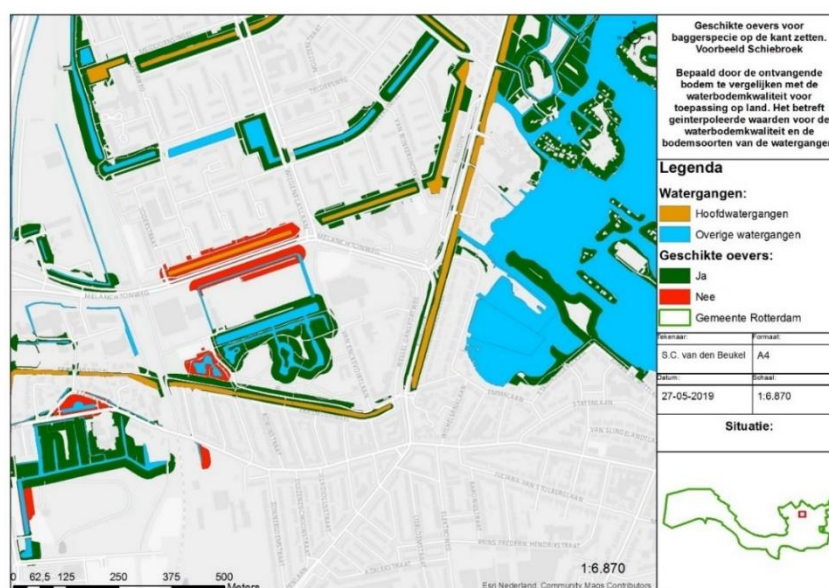
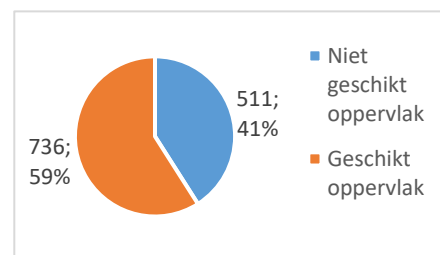
Om te bepalen of baggerspecie op de kant mag worden gezet, zoals bleek uit de juridische haalbaarheid, zal gekeken moeten worden naar de ontvangende bodemkwaliteit en de kwaliteit van de baggerspecie. De bodem mag niet vervuild worden met een lagere klassen grond, met maximaal klasse wonen. Hiervoor is een model ontwikkeld in ArcGIS wat de kwaliteit van de baggerspecie toetst aan de ontvangende bodem. Hieruit komen geschikte locaties naar voren

rondom de watergangen waar potentieel toepassing mogelijk is. Uit de resultaten blijkt dat 57% van het groene oppervlak rondom de watergangen geschikt is voor toepassing.

Om de zetting in Rotterdam op het oppervlak van aanliggende oevers te compenseren moet er eens in de 10 jaar dat er gebaggerd wordt een laag van 2,4 cm over de oever verspreid worden. Uit de conclusie van paragraaf 2.2 blijkt dat 390.817m³ geschikt is om op de kant te zetten. Wanneer ontwaterd wordt met een bandenpers is er sprake van een factor 4 volumereductie. Dit betekent dat 97.907m³ baggerspecie verspreid moet worden over land langs de watergangen. Om dit aantal kuub van de vrijkomende baggerspecie te verspreiden met een hoogte van 2,4 cm is een oppervlak benodigd van 408 hectare. Omdat alleen onverhard oppervlak geschikt is om baggerspecie op de kant te zetten (waar sprake is van een gazon), selecteert het model alleen deze gebieden.

Uit de gegevens van het model blijkt dat er genoeg ruimte is om baggerspecie op de kant te zetten wanneer een straal rondom de watergang wordt aangehouden van 20 meter (waar binnen deze openbare gras oppervlakken, getoetst aan de bodemkwaliteit, worden geselecteerd). Een straal van 20 meter is de grens dat baggerspecie over de kant verspreid mag worden (Foekema, Smit, van Dokkum, & Counotte (GD), 1999). In grafiek 9 is de verdeling te zien bij een straal van 20 meter rondom de watergang. 59% van het oppervlak is geschikt om baggerspecie op de kant te zetten, tegenover 41% wat niet geschikt is. Voor een overzicht van heel Rotterdam waar baggerspecie op de kant kan worden gezet wordt verwezen naar bijlage 5. De benodigde ruimte voor de bandenpers installatie bedraagt 15 x 15 = 225m². Uit het model blijkt dat van de 736 geschikte hectare 711 hectare bestaat uit aaneengesloten oppervlakken groter dan 225m². Dit komt neer op 57% potentieel geschikt oppervlak ten opzichte van het totaal oppervlak voor een bandenpers ontwateringsinstallatie binnen de straal van 20 meter rondom de watergang. Hierbij moet meegenomen worden dat het altijd maatwerk blijft of een locatie daadwerkelijk geschikt is voor een dergelijke installatie. Voor een compleet overzicht van de inhoud van het model en de werking ervan wordt verwezen naar bijlage 6. Een voorbeeld van de output van het model is te zien in figuur 20.

Grafiek 9: Geschikt gras oppervlak in hectare binnen een straal rondom de watergang van 20 meter.



Figuur 20: Geschikte oevers om baggerspecie op de kant te zetten in Schiebroek, Rotterdam. De ontvangende bodem is getoetst aan de waterbodembodemkwaliteit van de baggerspecie.

2.4.2 Vrijkomende bladeren fermenteren:

De toepassing om vrijkomend groen te fermenteren is mogelijk. Voor bladeren is reeds een succesvolle proef gedaan in de gemeente Hengelo, maar ook elders in het land wordt met fermenteren geëxperimenteerd. Er wordt gewerkt aan een pilot met fermenteren in Rotterdam. De haalbaarheid voor deze optie is toegelicht in deze paragraaf.

2.4.2.1 Juridische haalbaarheid

Op dit moment valt Bokashi nog niet onder de meststoffenwetgeving en mag daarom niet zomaar op of in de bodem verwerkt worden. Bokashi wordt daarom op dit moment als afvalstof gezien. Compost valt wel onder de meststoffenwetgeving. Om te kunnen fermenteren moet er voor een aantal zaken daarom ontheffing worden aangevraagd. Het uitgangspunt voor het verwerken van groenafval is sectorplan 8 van het LAP3 (landelijk afvalbeheerplan) (Ministerie IenW, 2017). Het LAP moet innovaties ondersteunen. Het uitgangspunt hier is dat bij een proefneming er gekomen moet worden tot meer en/of betere afzetbare reststoffen zoals een bodemverbeteraar. De volgende punten uit het LAP algemeen beleidskader zijn daarom van toepassing op Bokashi (Ministerie IenW, 2017):

- Het gebruik van primaire grondstoffen moet beperkt worden;
- De methode moet leiden tot meer gebruik van recyclaat;
- Wanneer materialen nu nog worden gestort of verbrand moeten deze gerecycled worden;
- De methode moet zijn gericht op de vermindering van emissies zonder dat dit als gevolg heeft dat er minder recycling plaatsvindt.

Hoewel Bokashi wel aan bovenstaande punten voldoet, voldoet het niet als meststof op dit moment. Om Bokashi toch toe te kunnen passen op of in de bodem moet er ontheffing worden aangevraagd (Ministerie IenW, 2017):

- Er is een ontheffing nodig van artikel 10.2 wet milieubeheer omdat fermenteren onder de huidige wet en regelgeving als lozing van afvalstoffen gezien wordt.
- Hiermee wordt van het LAP afgeweken en moeten de regels gevolgd worden die in het LAP A2.6 beschreven zijn (Ministerie IenW, 2017). Aan de hand van de stappen die in het LAP A2.6 beschreven staan kan een vergunning aangevraagd worden bij het ministerie van infrastructuur en milieu.

Het is vaak niet duidelijk of Bokashi voldoet aan de regels voor dierlijk bijproduct, en of het wel of niet voldoet aan de eisen voor een meststof of bodemverbeteraar. Rijkswaterstaat komt met een afwegingskader wat hier duidelijkheid in geeft halverwege 2019. Tot die tijd dient de afwijkprocedure gevolgd te worden zoals hierboven reeds beschreven is.

Wanneer een vergunning verkregen is om Bokashi te mogen toepassen dienen er nog diverse andere vergunning en ontheffing aangevraagd te worden voor een pilot locatie.

- Omdat fermenteren onder de huidige wet en regelgeving als afvalverwerking gezien wordt moet een omgevingsvergunning aangevraagd worden bij de milieudienst Rijnmond (DCMR, sd). Hierin wordt dan toegestaan dat op de desbetreffende locatie afval verwerkt mag worden.
- De omgevingsdienst midden Holland (ODMH) is het bevoegd gezag voor de verlening van een ontheffing voor het storten van afvalstoffen op of in de bodem (odmh, sd).
 - o Deze ontheffing wordt alleen afgegeven indien onderzoek gedaan wordt naar wat het effect is van Bokashi op de bodem (Carolien van Eykelen, 2019).

Kortom om Bokashi te kunnen maken is een heel vergunning traject bij de huidige wet en regelgeving van toepassing. Dit maakt de drempel hoger, maar niet onmogelijk.

2.4.2.2 Maatschappelijke haalbaarheid

Om te kunnen fermenteren in de buurt van Rotterdam kan overlast ervaren worden. Hierbij moet gedacht worden aan vrachtwagenbewegingen en oppervlak waar er gefermenteerd wordt. Wanneer het proces correct wordt uitgevoerd wordt dit echter tot een minimum beperkt. Geuroverlast is niet te verwachten (Provinos, sd). Door een locatie te kiezen die niet dichtbij woningen staat en aanrij routes te kiezen waar zo min mogelijk gemerkt wordt van vrachtverkeer door omwonenden kan dit tot een minimum beperkt worden.

2.4.2.3 Financiële en logistieke haalbaarheid:

In vergelijking met composteren is fermenteren een zeer goede optie. Er wordt CO₂ bespaard door het proces en door de transportkosten. Vanwege het arbeidsintensieve proces en de meststoffenwetgeving wordt compost bij gespecialiseerde bedrijven gemaakt. Deze liggen voor de uitvoerende aannemers ongeveer 23 kilometer ver. Compost kan door de gemeente gemaakt worden op een lokaal niveau (Slingerland, 2019). Aan de hand van de gegevens in tabel 23 kan geconcludeerd worden dat het proces geld bespaart ten opzichte van de huidige variant, alsmede CO₂ uitstoot.

Tabel 23: Kosten en CO₂ vergelijking composteren en fermenteren (zie bijlage 4.2 voor de berekeningen).

Methode	Composteren	Fermenteren
<i>Aantal kilometer naar verwerkingslocatie</i>	23	5
<i>Kosten transport in euro/ton</i>	8,28	3,60
<i>CO₂ uitstoot transport in kg/ton</i>	4,55	0,65
<i>Kosten proces in euro/ton</i>	37,90	38,72
<i>CO₂ uitstoot proces in kg/ton</i>	39,45	0
<i>Totale kosten in euro/ton</i>	46,18	42,32
<i>Totale CO₂ uitstoot in euro/ton</i>	44	0,65

Er worden echter wel vraagtekens gezet bij de Bokashi methode. Er is geen onderzoek dat aantoont of onkruidzaden en plantpathogenen bij de Bokashi methode effectief worden gedood. Een voorbeeld waar zorgen over zijn is Japense Duizendknoop. Wanneer dit niet gebeurt worden deze ongewild verspreid wanneer de bodemverbeteraar door de stad verspreid wordt (Redactie Afvalgids, 2017).

2.4.3 Vrijkomend maaisel raffineren door bioraffinage

Bio raffinage is geschikt om uit maaisel bruikbare stoffen te halen. Om te bepalen of deze toepassing haalbaar is om in Rotterdam in te passen zal gekeken worden naar verschillende aspecten.

2.4.3.1 Juridische haalbaarheid

De afvalstoffen wetgeving is van toepassing wanneer de gemeente zich van het maaisel ontdoet. Echter, wanneer de gemeente zich niet van de stof ontdoet maar het maaisel als grondstof aan derden levert is de (grond)stoffen of productregelgeving van toepassing. Voor de toepassing van dierproducten door bioraffinage dient te worden voldaan aan de regeling diervoeders (wetten.overheid.nl, 2018). Hier staan de voorschriften in waaraan dierenvoeding moet voldoen. Wanneer er uit waterplanten en maaisels een product wordt gemaakt is de productregeling van toepassing, zoals de meststoffen wetgeving en de diervoederwetgeving. Wanneer waterplanten voldoen aan deze regelgeving hoeft geen belemmering verwacht te worden voor toepassing. In de meeste gevallen klopt dit, maar dit hoeft geen maatstaaf te zijn voor elke waterplant en of maaisel dat vrijkomt (van Doorn, 2018).

2.4.3.2 Maatschappelijke haalbaarheid

Om bioraffinage lokaal plaats te kunnen laten vinden is ruimte nodig voor de mobiele machine. De machine zelf past op een trailer (van Doorn, 2018). De afmetingen van een trailer zijn maximaal 2,60 bij 13,60. Dit betekent dat het oppervlak wat een dergelijk installatie inneemt maximaal 35,36m² is (evofenedex.nl, sd).

Naast de ruimte die nodig is kan overlast van geluid ervaren worden. Dit zal niet meer zijn dan het maaien omdat er alleen sprake is van een generator voor de stroom van het systeem.

2.4.3.3 Financiële en logistieke haalbaarheid

Waterplanten mogen voorafgaand aan het raffinageproces in het water blijven liggen. Op die manier gaan er zo min mogelijk eiwitten verloren en blijven de planten in een goede staat. Vlak voor het raffinageproces dienen de planten even uit te lekken zodat het meeste water wegloopt. De raffinage machine bleek uit testen van Stowa goed in te passen bij het maaien door de machine op locatie waar het materiaal vrijkomt zijn werk te laten doen. Op die manier worden transportkosten vermeden en worden de grondstoffen lokaal gewonnen. GRASSA Werkt aan een grotere capaciteit van haar machines, en gaat nu naar een capaciteit van 4 ton per uur. In tabel 24 zijn de kosten te zien voor de raffinage machines per ton. Er wordt ook al gewerkt aan een capaciteit van 8 ton per uur (Veeteeltwebsite, 2018). Verwacht wordt dat de verwerkingskosten dan nog verder naar beneden gaan.

De producten die bij het raffinageproces vrijkomen zijn vezelfracties en sappen. Zoals in paragraaf 2.3 te lezen was kunnen hier verschillende producten van gemaakt worden. Dit zou aan de aannemer zijn om dit verder af te handelen en aan te bieden aan de markt. De gemeente draagt dan de kosten.

Tabel 24: Kosten bij een bio raffinage machine van 2 of 4 ton per uur.

Capaciteit	Kosten euro/ton
2 ton/uur	19,63
4 ton/uur	11,58

Om een beeld te krijgen hoeveel ruimte er langs de oevers beschikbaar is voor het raffineren is gekeken naar de beschikbare oevers uit het GIS-model. Er is gekeken hoeveel oevers beschikken over een oppervlakte van 35,36 m² of meer om de machine op te kunnen plaatsen. Van het totaal gras oppervlak dat binnen de 80 meter straal rondom de watergangen ligt is er van de 2947 hectare 2936 potentieel hectare geschikt en 11 hectare ongeschikt wat betreft ruimte.

2.4.4 Hergebruik toepassingen voor vrijkomende beschoeiing materialen

Voor de vrijkomende beschoeiing materialen is gekeken naar de mogelijkheid om de houten materialen te hergebruiken. Deze materialen zullen voor een groot gedeelte verrot zijn wanneer ze vervangen moeten worden wat de vraag oproept of ze wel geschikt zijn voor hergebruik. Dit zal per geval geïnventariseerd moeten worden omdat de kwaliteit van het materiaal van een aantal factoren afhankelijk is. Zo zal in een snelstromende watergang meer erosie aan het materiaal hebben plaatsgevonden in vergelijking met een watergang waar het materiaal praktisch stilstaat. Ook heeft de diepte invloed op het materiaal. Hout dat verder onder water staat zal minder aangetast zijn dan hout wat niet of nauwelijks onder water staat. Dit komt doordat er dan meer zuurstof bij het hout kan komen waardoor het hout sneller aangetast zal worden (Vroonhof, Warringa, & Croezen, 2004).

Wanneer in het bestek verplicht wordt gesteld om materialen te hergebruiken wanneer de kwaliteit dit toe laat, zal er bewuster worden omgegaan met de materialen die vrijkomen. Afhankelijk van de kwaliteit is bijvoorbeeld toepassing in een steigerconstructie mogelijk, of als stophout. Hierbij werkt het hout ondersteunend bij de constructie van waterbouwkundige werken, of in de vervoersector om zaken vast te zetten (Vroonhof, Warringa, & Croezen, 2004). Dit is haalbaar maar zal uiteindelijk net zoals de huidige methode afhangen van de aannemer.

2.4.5 Conclusie deelvraag 4

In dit hoofdstuk is antwoord gegeven op deelvraag 4: *Is het haalbaar om de toepassingen te implementeren?*

1. Haalbaarheid hergebruik toepassing bagger lokaal ontwateren en op de kant zetten: Baggerspecie lokaal ontwateren kan tegen lagere kosten en CO₂-emissies gerealiseerd worden ten opzichte van de huidige afvoer methode. De installatie die nodig is kan ingezet worden op 57% van de aanliggende gras oppervlakken, rekening houdend met de kwaliteit van de baggerspecie, ontvangende bodem en de benodigde ruimte. Dit betekent dat 57% van de baggerspecie potentieel hergebruikt kan worden.
2. Haalbaarheid hergebruik toepassingen voor vrijkomend groen:
 - a. Fermenteren: Bokashi is geen wettelijk erkende bodemverbeteraar omdat het op dit moment geen meststof is. Er zijn verschillende ontheffingen nodig om Bokashi te mogen toepassen op of in de bodem. Ook zijn er zorgen of bij het proces alle onkruidzaden gedood worden. De toepassing is veelbelovend met oog op kosten en CO₂-reducties.
 - b. Bioraffinage: Ook deze toepassing veelbelovend met betrekking tot kosten en CO₂-reducties. Bij bioraffinage is de afvalstoffen wetgeving van toepassing omdat de gemeente zich van het maaisel ontdoet. Wanneer de gemeente het maaisel als grondstof aan derden levert is de (grond)stoffen of productregelgeving van toepassing. Er hoeft geen belemmering verwacht te worden omtrent wet en regelgeving.
3. Haalbaarheid hergebruik toepassingen voor vrijkomende beschoeiing materialen: Beschoeiingsmaterialen kunnen hergebruikt worden wanneer ze verder onder water hebben gezeten. Hier gaat het rottingsproces minder snel waardoor de materialen in een betere staat verkeren. Een inventarisatie ter plekke zal moeten uitwijzen of hergebruik mogelijk is.

H3 Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de vraag *‘Hoe kunnen vrijkomende materialen uit en rondom watergangen slimmer, goedkoper en duurzamer hergebruikt worden?’* Hiervoor is een onderzoek uitgevoerd waarbij is gekeken naar de huidige verwerkingsmethoden van de materialen, de hoeveelheden en de eigenschappen van de materialen, toepassingen voor hergebruik en de haalbaarheid van getoetste toepassingen.

Uit de resultaten is gebleken dat baggerspecie lokaal ontwateren en op de kant zetten, fermenteren, bioraffinage en hout hergebruiken van beschoeiingen, als meest belovende toepassingen naar voren komen.

Deze toepassingen hebben uitgewezen dat het verwerken van de materialen op een slimmere, goedkopere en duurzamere manier kan.

Baggerspecie lokaal ontwateren met een bandenpers en vervolgens op de kant plaatsen is juridisch mogelijk. Er moet goed gekeken worden naar de kwaliteit van de baggerspecie in relatie tot de ontvangende bodem. Het ontwikkelde ArcGIS-model geeft handvaten om hier een inschatting van te maken. Zo blijkt dat 57% van de oevers potentieel geschikt is om baggerspecie op te plaatsen. Wanneer de baggerspecie ontwaterd is, wordt het negatieve karakter weggenomen, omdat het nu als grond gezien wordt in plaats van smurrie. Door als gemeente het materiaal lokaal te verwerken door te frezen en in te zaaien wordt actief beheer uitgestraald. Dit zal een positief effect hebben op omwonenden hoe zij tegen baggerspecie aankijken.

Lokaal fermenteren is een aantrekkelijke optie gebleken ten opzichte van composteren. Er blijft meer materiaal, en dus meer bodemverbeterend eindproduct over. De methode veroorzaakt nauwelijks CO₂ uitstoot, en er kan lokaal op wijkniveau gefermenteerd worden. Omdat Bokashi nog geen erkende meststof is zullen er ontheffingen aangevraagd moeten worden voor deze toepassing, wat de nodige kosten met zich mee zal brengen. Dit maakt de drempel hoger maar niet onmogelijk. Er zijn ook zorgen of alle onkruidzaden afsterven bij het fermentatieproces. Om verspreiding van ongewenste soorten in de bodem te voorkomen zal dit nader onderzocht moeten worden. De methode zal zich dus nog moeten bewijzen.

Bioraffinage is een veelbelovende toepassing. Hier kan maaisel lokaal tegen de laagst mogelijke kosten, volgens dit onderzoek, verwerkt worden. De CO-uitstoot is bovendien minimaal ten opzichte van het composteringalternatief. Bioraffinage is mogelijk wanneer het materiaal niet wordt afgevoerd als afvalstof maar als grondstof.

Beschoeiingshout hergebruiken is mogelijk wanneer lokaal een inventarisatie wordt gemaakt van het materiaal als een beschoeiing vervangen moet worden. Hiervoor is maatwerk nodig omdat geen enkele beschoeiing in dezelfde staat zal verkeren. Afhankelijk van hoe diep het materiaal onderwater gezeten heeft zal de kwaliteit beter zijn. Door aannemers aan te moedigen, via het bestek, om de materialen te hergebruiken, zal het hergebruik gestimuleerd worden.

De vrijkomende materialen zullen niet langer als afvalstoffen gezien moeten worden, maar als het oogsten van grondstoffen. De toepassingen die hierboven beschreven zijn, met hun bijbehorende potentiële voordelen, biedt het lokaal benutten van de materialen meer profijt voor de omgeving en de stad, dan het materiaal af te voeren naar (ver weg gelegen) locaties, waar minimaal tot geen hergebruik plaatsvindt. Door deze hergebruik kansen lokaal te benutten wordt bijgedragen aan de ambitie van Rotterdam om een circulaire stad te worden zonder afval.

H4 Discussie

In de discussie worden de resultaten van het onderzoek geïnterpreteerd en worden beperkingen van het onderzoek beschreven. Aan het einde van de discussie zullen aanbevelingen gedaan worden voor vervolgonderzoek.

Interpretatie resultaten

De onderzoeksopzet zoals in de methode beschreven heeft gezorgd voor gewenste resultaten. Er zijn verschillende toepassingen beschreven en deze zijn getoetst op haalbaarheid. Bij de keuze voor het onderzoek naar toepassingen is gekeken naar huidige verwerkingsmethoden en toepassingen die voorgedragen zijn door experts. Wanneer meer onderzoek gedaan zou zijn naar andere relevante toepassingen zouden wellicht andere resultaten naar boven zijn gekomen. De keuze voor toepassingen is nu grotendeels gebaseerd op interviews met experts.

Door aannemers te benaderen zijn gegevens bekend geworden hoeveel materiaal er vrijkomt per perceel. Doordat slecht van 3 aannemers gegevens ontvangen en verwerkt zijn, waarvan 1 afviel vanwege onbetrouwbare gegevens, moeten de hoeveelheden vrijkomend groen als schattingen geïnterpreteerd worden. Bij het onderzoek naar vrijkomend blad moet meegenomen worden dat is niet gekeken naar het type boom, of de grootte ervan.

Bij het toetsen van de maatregelen aan haalbaarheid zijn de toepassingen onder andere getoetst op kosten en CO₂ uitstoot. Voor kosten is gebruik gemaakt van kengetallen behorende bij pilots. Ook dit moet gezien worden als een inschatting omdat de kans groot is dat wanneer de toepassing in Rotterdam geprobeerd wordt er sprake is van andere kosten. De CO₂ gegevens zijn afkomstig van de gemeente en literatuur, waardoor deze data als betrouwbaar kan worden gezien.

Beperkingen van het onderzoek

Voor het onderzoek naar de materiaaleigenschappen en de hoeveelheden is gebruik gemaakt van interpolatie van GIS-data, om een integrale inschatting te kunnen maken van de vrijkomende materialen. Deze interpolatiemethoden zijn ook gebruikt in het ArcGIS-model waar de kwaliteit van de baggerspecie getoetst wordt aan dat van de ontvangende bodem. Op deze manier zijn missende gegevens aangevuld. De gemeente had niet alle kwaliteit gegevens up to date in een database. De gegevens stonden verspreid over veel rapporten. Wanneer deze gegevens in één database verwerkt zouden zijn, zou dit de resultaten betrouwbaarder maken. Omdat de gegevens waarmee nu gewerkt is voor ongeveer 50% uit geïnterpoleerde gegevens bestaat is er sprake van een afwijking ten opzichte van de werkelijkheid. Dit maakt de resultaten wat betreft baggerspecie kwaliteit en waterbodemsorten onzeker, en zal daarom geïnterpreteerd moeten worden als inschattingen.

Het ArcGIS-model is zo gemaakt dat de ontvangende bodem altijd als strengste geldt. Een lagere klasse baggerspecie kan niet worden toegepast. Omdat de baggerspecie kwaliteit over 50% geïnterpoleerde waarden beschikt is dit onzeker, maar de ontvangende bodemkwaliteit is 100% accuraat. Uit paragraaf 2.4 bleek dat 57% van de oevers geschikt is voor toepassing. Dit getal zou dus alleen maar meer kunnen worden, en niet minder. 57% van de baggerspecie is dus een minimum waarvoor toepassing op de kant mogelijk is. Dit kan daarom gezien worden als een betrouwbare richtlijn.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Een volgend verkennend onderzoek zou uitgevoerd kunnen worden naar wat voor een impact de nieuwe wet en regelgeving gaat hebben, omtrent milieuvreemde stoffen, op baggerspecie op de kant zetten. Het is aannemelijk dat de eisen strenger worden voor grond toepassen omdat er steeds meer stoffen gemeten worden. Onderzoek zal moeten uitwijzen hoe de nieuwe landelijke norm omtrent PFOS, PFOA en GenX het bodembeleid gaat beïnvloeden, en wat dit betekent voor Rotterdam. Uit dit onderzoek zal blijken of toepassing van baggerspecie op de bodem dan nog relevant is, of dat afvoeren een meer aantrekkelijke optie wordt.

Wat betreft vrijkomend groen zou vervolgonderzoek uitgevoerd kunnen worden naar de mogelijkheden van fermenteren. Verwacht wordt dat de wetgeving omtrent Bokashi gaat veranderen. De impact van de wijziging in wetgeving brengt mogelijk nieuwe kansen met zich mee.

Vervolgonderzoek naar vrijkomende beschoeiingmaterialen dient te worden verricht om duidelijk te krijgen wat de kwaliteit van hout is na de levensduur. Dit zou helpen aantonen of hier daadwerkelijk hergebruik kansen liggen.

H5 Aanbevelingen

Uit onderzoek is gebleken dat de huidige methoden om vrijkomende materialen uit en rondom watergangen af te voeren goedkoper kunnen. Door innovaties op dit gebied zijn er nieuwe technieken op de markt gekomen om meer rendement uit de grondstoffen te halen dan tot nu toe gedaan wordt. Het veelal afvoeren van de materialen, wat nu gebeurt, draagt bovendien niet of minimaal bij, aan de visie van Rotterdam om een circulaire stad te zijn.

Om vrijkomende materialen uit en rondom watergangen optimaal her te gebruiken wordt aanbevolen om pilots uit te voeren met alle toepassingen waarvoor de haalbaarheid onderzocht is. Op die manier kan in kaart gebracht worden hoe de methoden precies ingepast kunnen worden in Rotterdam. Hier zal een duidelijk kosten beeld uit naar voren komen. Bovendien kan op die manier daadwerkelijk getest worden hoe omwonenden zullen reageren.

Verwacht wordt dat wanneer omwonenden goed geïnformeerd worden over de voordelen die komen kijken bij de materialen lokaal verwerken, dat dit het draagvlak voor de onderzochte toepassingen ten goede komt. Het wordt dus aanbevolen te onderzoeken waar pilots mogelijk zijn met de onderzochte toepassingen in paragraaf 2.4 en hierbij het draagvlak van omwonenden in kaart te brengen.

Om een meer accuraat beeld te krijgen waar baggerspecie op de kant gezet kan worden wordt aanbevolen om de waterbodemkwaliteit rapport resultaten te updaten in een database. Door deze data vervolgens aan het ontwikkelde ArcGIS-model te koppelen door gebruik te maken van de methodiek in de handleiding (bijlage 6), zal een accuraat beeld gegeven kunnen worden van geschikte oevers om baggerspecie op de kant te zetten.

Om baggerspecie op de kant te kunnen plaatsen moet het groenbestek rekening gaan houden met het bestek waar het onderhoud van de watergangen in is geregeld. Dit moet niet alleen geborgd worden in het bestek, er is ook afstemming nodig tussen de waterbeheerders en de groenbeheerders. Het wordt aanbevolen om te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om de bestekken verder op elkaar af te stemmen en ook regels mee te nemen in het bestek waar wordt omschreven dat baggerspecie in een straal van 20 meter op de kant mag worden gezet. Op die manier weet de aannemer van het groen dat er extra aandacht nodig is voor het groen binnen de straal van 20 meter rondom de watergangen. Door dit af te stemmen met de verschillende uitvoerende partijen wordt het beheer beter op elkaar afgestemd, met betere efficiënte tot gevolg.

Bibliografie

- Bakker, B. (2019, Februari). Interview grond en reststoffen bank circulair Rotterdam. (S. Beukel van den, Interviewer)
- Balentina, E. (2019, mei 08). Schone stad. (S. v. Beukel, Interviewer)
- Biocomposiet*. (sd). Opgehaald van biobasedbrug.nl: <https://www.biobasedbrug.nl/biobased-composiet/>
- Bodembreed symposium. (sd). *Slib en bagger naar een hogere trede in onze circulaire economie*. Opgehaald van bodembreedsymposium.nl: <https://bodembreedsymposium.nl/wp-content/uploads/Sessie-7.3.pdf>
- Bodemplus. (sd). *Onder welke voorwaarden mag grond en baggerspecie onder het besluit bodemkwaliteit worden opgeslagen*. Opgehaald van Bodemplus.nl: <https://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/vragen/grond-bagger-top/faq/welke-voorwaarden/>
- Bodemplus. (sd). *Handreiking besluit bodemkwaliteit*. Den Haag: Bodemplus. Opgehaald van https://www.bodemplus.nl/publish/pages/92488/handreiking_besluit_bodemkwaliteit_24_252539.pdf
- Bodemplus. (sd). *Wat is het verschil tussen generiek en gebiedsspecifiek beleid?* Opgehaald van Bodemplus.nl: <https://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/vragen/grond-bagger-alg/faq/verschil-tussen/>
- Bodemrichtlijn. (sd). *Behandelen en bestemmen van baggerspecie, Wettelijk kader voor bestemmingen van baggerspecie*. Opgehaald van Bodemrichtlijn.nl: <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/h-behandelen-en-bestemmen-va9446/h1-algemene-aspecten-van-behandelen-en-bestemmen-van-baggerspecie/behandelen-en-bestemmen-van-baggerspecie-wettelijk-kader-voor-bes9467>
- Bodemrichtlijn. (sd). *Zeven en ontwateren van baggerspecie, Kosten*. Opgehaald van Bodemrichtlijn.nl: <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/h-behandelen-en-bestemmen-va9446/h3-zeven-en-ontwateren/zeven-en-ontwateren-van-baggerspecie-kosten>
- Bodemrichtlijn.nl. (sd). *Factsheet: het rijpen van baggerspecie*. Opgehaald van Bodemrichtlijn.nl: <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/h-behandelen-en-bestemmen-va9446/h5-natuurlijke-technieken/factsheet-het-rijpen-van-baggerspecie>
- Boer, J. (2019, Mei). GIS beschoeiingen database . Rotterdam , Zuid Holland, Nederland.
- bouwmachines.nl. (2012, juli 20). *Liebherr A-916 overtreft alle verwachtingen*. Opgehaald van bouwmachines.nl: <https://www.bouwmachines.nl/geen-categorie/nieuws/2012/07/liebherr-a-916-overtreft-alle-verwachtingen-10119765>

- Bvor. (2013). *CO2-effecten van het opwerken van groenafval en van daarmee vergelijkbare reststromen*. Bvor. Opgehaald van <https://bvor.nl/wp-content/uploads/Achtergronddocument-CO2rekentool-groenafval-V1.1.pdf>
- Carolien van Eykelen. (2019, Mei 14). Idee voor een pilot. Rotterdam, Zuid-Holland, Nederland.
- co2emissiefactoren.nl. (sd). *Lijst emissiefactoren*. Opgehaald van [co2emissiefactoren.nl: https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/](https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/)
- compostmeester. (sd). *wat is compost*. Opgehaald van [compostmeester.nl: https://compostmeester.nl/index.php/2015-07-08-10-35-50/wat-is-compost](https://compostmeester.nl/index.php/2015-07-08-10-35-50/wat-is-compost)
- Damen, D. (2019, 05 28). *Sluiting Plas van Heenvliet*. Opgehaald van [Plasvanheenvliet.nl: http://www.plasvanheenvliet.nl/nieuws/sluiting-plas-van-heenvliet.html](http://www.plasvanheenvliet.nl/nieuws/sluiting-plas-van-heenvliet.html)
- DCMR. (sd). *Melding of vergunning*. Opgehaald van [dcmr.nl: https://www.dcmr.nl/onderwerpen/melding-of-vergunning.html](https://www.dcmr.nl/onderwerpen/melding-of-vergunning.html)
- debinnenvaart. (sd). *Soortelijke massa van ladingen*. Opgehaald van [debinnenvaart.nl: http://www.debinnenvaart.nl/binnenvaarttaal/lijsten/lijsten.php?lijst=sd-ladingen](http://www.debinnenvaart.nl/binnenvaarttaal/lijsten/lijsten.php?lijst=sd-ladingen)
- Dekker, I. P., van Zeeland, i. M., & Pauw, i. J. (2010). *Levenscyclusanalyse groencompost*. Wageningen: Wageningen UR. Opgehaald van <http://edepot.wur.nl/148665>
- Delft Hydraulics. (2005, Februari). *Uitloging en verspreiding uit baggerdepots*. Opgehaald van [Helpdeskwater: https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/130859/conceptuitlogingenverspreidinguitdepots.pdf](https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/130859/conceptuitlogingenverspreidinguitdepots.pdf)
- Driessenhorst. (sd). *Storttarieven*. Opgehaald van <http://www.driessen-horst.nl: http://www.driessen-horst.nl/recycling/storttarieven/s/9582>
- Environment Protection Agency. (1986). *Design Information Report Belt Filter Presses*. Washington DC: Environmental Protection Agency. Opgehaald van <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2001328W.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986%20Thru%201990&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQField>
- Environmental Protection Agency . (2000). *Biosolids Technology Fact Sheet Belt Filter Press*. Washington D.C: Environmental Protection Agency Office of Water. Opgehaald van https://www3.epa.gov/npdes/pubs/belt_filter.pdf
- evofenedex.nl. (sd). *Afmetingen vrachtauto's en combinaties EU*. Opgehaald van [www.evofenedex.nl: https://www.evofenedex.nl/kennis/vervoer/maten-en-gewichten-vrachtwagens/afmetingen-vrachtautos-en-combinaties-eu](https://www.evofenedex.nl/kennis/vervoer/maten-en-gewichten-vrachtwagens/afmetingen-vrachtautos-en-combinaties-eu)
- expertise bodem en ondergrond . (2013). *Slib en bagger naar een hogere trede in onze circulaire economie*. Opgehaald van <https://bodembreedsymposium.nl: https://bodembreedsymposium.nl/wp-content/uploads/Sessie-7.3.pdf>

- Foekema, E., Smit, M., van Dokkum, H., & Counotte (GD), G. (1999). *Beoordeling van veterinaire risico's van het verspreiden van baggerspecie nabij riooloverstorten*. Apeldoorn: TNO-rapport. Opgehaald van <http://edepot.wur.nl/117782>
- Geenen, S., Jacobs, J., De Smit, D., & Broks, K. (2000). *Water als bindmiddel in Rotterdam*. Opgehaald van [edepot.wur.nl: http://edepot.wur.nl/370409](http://edepot.wur.nl/370409)
- Gemeente Hengelo. (2017). *Folder Bladaarde*. Hengelo: Gemeente Hengelo. Opgehaald van https://www.hengelo.nl/webcontent/pdf_internet/gemeentebalie/milieu/Folder_bladaarde.pdf
- Gemeente Rotterdam. (2015). *Onderhoudsplicht voor beschoeiingen*.
- Gemeente Rotterdam. (2019). *Nota Onderhoud Kapitaalgoederen*. Rotterdam: Gemeente Rotterdam.
- Gemeente Rotterdam. (sd). *Circulaire stad omgevingsvisie Rotterdam*. Opgehaald van [rotterdam.nl: https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/omgevingsvisie-circulair/](https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/omgevingsvisie-circulair/)
- Groeneveld, H. (2019). Hergebruik mogelijkheden vrijkomende materialen. (S. v. Beukel, Interviewer)
- groenord.jd-dealer. (2016). *Verhuur catalogus*. Opgehaald van [groenord.jd-dealer.nl: https://groenord.jd-dealer.nl/openpdf/direct/1424139/1](https://groenord.jd-dealer.nl/openpdf/direct/1424139/1)
- Hellinga. (2017). *Standaard afhaal en storttarieven*. Opgehaald van [www.ghellinga.nl: https://www.ghellinga.nl/userfiles/file/Stort-%20en%20afhaaltarieven%20bedrijven%202017.pdf](https://www.ghellinga.nl/userfiles/file/Stort-%20en%20afhaaltarieven%20bedrijven%202017.pdf)
- heuvelmansbv. (sd). *Verhuur*. Opgehaald van [heuvelmansbv.nl: http://www.heuvelmansbv.nl/PDF/verhuur.pdf](http://www.heuvelmansbv.nl/PDF/verhuur.pdf)
- HIP groen. (sd). *Beschoeiing type Gouda*. Opgehaald van [hipgroen.nl: https://hipgroen.nl/wp-content/uploads/documents/HIP-Groen_Beschoeiing_type_Gouda.pdf](https://hipgroen.nl/wp-content/uploads/documents/HIP-Groen_Beschoeiing_type_Gouda.pdf)
- Hitman, Anke; Bos, Klaas; Bosch, Marlou; van der Kolk, Arjan. (2013). *Fermentation versus composting*. Wageningen: Feed Innovation Services BV. Opgehaald van https://www.provinos.nl/images/Fermentation_versus_composting.pdf
- Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. (2015). *Beeldenboek*. Rotterdam: Gemeente Rotterdam en Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. Opgehaald van <https://www.schielandendekrimpenerwaard.nl/regels/onderhoud-watergangen/Beeldboek%20Rotterdam.pdf>
- hoveniers, h. (sd). *Nieuwe beschoeiing achter oude beschoeiing. Nieuwe beschoeiing achter oude beschoeiing*. hpg hoveniers, Vinkeveen. Opgehaald van <https://www.hpg-hoveniers.nl/beschoeiing-vervangen>
- Keunen, K. (2017, 2). *Fermenteren van organisch materiaal*. Opgehaald van <http://www.mulderagro.nl/>: <http://www.mulderagro.nl/images/2017/Fermenteren%20van%20organisch%20materiaal.pdf>

- Kreft, H. (2019). Hergebruik van baggerspecie. (S. v. Beukel, Interviewer)
- KVK Innovatie Top 100. (2016). *NETICS BV, 14e plaats MKB Innovatie Top 100 2016*. Opgehaald van [kvkinnovatietop100.nl](https://www.kvkinnovatietop100.nl/site/NETICS-bouwen-met-bagger): <https://www.kvkinnovatietop100.nl/site/NETICS-bouwen-met-bagger>
- kwast, B. e. (2019). *Tarievenlijst 2019*. Opgehaald van [bruinsenkwest.nl](http://www.bruinsenkwest.nl): <http://www.bruinsenkwest.nl/wp-content/uploads/2019/01/Tarievenlijst-2019.pdf>
- KWS. (2017, september 12). Bouwen met bagger - Geowall bij het oranjekanaal. Oranjekanaal, Drenthe, Nederland. Opgehaald van <https://www.youtube.com/watch?v=4S4W0tFR1i8>
- KWS. (2017, maart 09). *KWS maakt oeverbescherming van bagger*. Opgehaald van [kws.nl](https://www.kws.nl): <https://www.kws.nl/nl/nieuws/detail/kws-maakt-oeverbescherming-van-bagger>
- Labrovic-Hoogland, T. (2019, Februari). Gesprek vrijkomende materialen. (S. v. Beukel, Interviewer)
- Lee, L. (2014). Baggr stoten bij plas van heenvliet. *Baggr stoten bij plas van heenvliet*. plas van Heenvliet. Opgehaald van <https://www.youtube.com/watch?v=V1i0qiMirww>
- Megron BV. (2017). *Keteninitiatief samen zorgen voor minder CO2*. Vlaardingen : Megron BV. Opgehaald van <https://www.megron.nl/uploads/11/3.D.1%20CO2-keteninitiatief%202017.pdf>
- Ministerie IenW. (2017, 12 28). *A2 Status van het LAP*. Opgehaald van [Lap3.nl](https://lap3.nl): https://lap3.nl/publish/pages/121366/lap3_a2_statuslap_28_12_2017.pdf
- Ministerie IenW. (2017, 12 28). *Algemene uitgangspunten en algemeen beleid*. Opgehaald van [Lap3.nl](https://lap3.nl): https://lap3.nl/publish/pages/121368/lap3_a4_uitgangspunten_beleid_28_12_2017.pdf
- Ministerie IenW. (2017, 12 28). *Sectorplan 08 Gescheiden ingezameld/afgegeven groenafval*. Opgehaald van lap3.nl: https://lap3.nl/publish/pages/120684/lap3_sp08_groenafval_28_12_2017.pdf
- New Society Publishers. (Z.D). *Why Bokashi*. New Society Publishers. Opgehaald van https://www.newsociety.com/var/storage/blurbs/9780865717527_excerpt.pdf
- New Society Publishers. (Z.D). *Why Bokashi*. Opgehaald van https://www.provinos.nl/images/What_is_Bokashi.pdf
- odmh. (sd). *Ontheffing stortverbod* . Opgehaald van [odmh.nl](https://www.odmh.nl): <https://www.odmh.nl/thema/milieu/ontheffing/v>
- Oreel, R. (sd). Baggerspecie blijft achter op de oevers tot het wordt afgevoerd . *Baggerspecie blijft achter op de oevers tot het wordt afgevoerd* . Pzc, Middelburg. Opgehaald van <https://www.pzc.nl/walcheren/middelburger-baalt-van-blubberzooi-in-erasmuspark~a959235d/>
- Promeco. (sd). *Open depot*. Opgehaald van [Promeco.nl](https://promeco.nl): <https://promeco.nl/open-depot/>

- Provinos. (sd). *Vraag en antwoord over Bokashi - FAQ*. Opgehaald van Provinos.nl: <https://www.provinos.nl/bodem-bokashi/vraag-en-antwoord-over-bokashi-faq>
- Punt, M. (2019, Februari). Telefonisch gesprek groen aannemer. (S. v. Beukel, Interviewer)
- Redactie Afvalgids. (2017, 2 16). *BVOR waarschuwt voor overwaardering Bokashi*. Opgehaald van afvalgids.nl: <https://www.afvalgids.nl/bvor-waarschuwt-overwaardering-bokashi/>
- Reinshagen, A. (2007, Augustus). *Formalisering van toekenning van gewichten binnen een Multi Criteria Analyse*. Opgehaald van utwente.nl: https://essay.utwente.nl/713/1/scriptie_Reinshagen.pdf
- Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit. (sd). *Baggeren en transporteren, vergunningen tbv baggerwerken*. Opgehaald van bodemrichtlijn.nl: <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/g-baggeren-en-transporteren/g1-algemene-aspecten-van-bag9351/baggeren-en-transporteren-vergunningen-tbv-baggerwerken>
- Rijkswaterstaat. (sd). *Gedooqplicht ontvangst maaisel en bagger*. Opgehaald van infomil.nl: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/activiteiten/beheer-watersysteem/gedooqplicht/>
- Roeloffzen, A.B. (2013). *Nota Actief Bodem- en Baggerbeheer rotterdam 2013*. Rotterdam: DCMR milieudienst Rijnmond. Opgehaald van <https://cms.dcmr.nl/publication/download/5a1d888d848e39002e075d67>
- Salverda, C. (2019, juni 14). Gesprek herstel gazonrenovatie . (S. v. Beukel, Interviewer)
- Senter Novem. (sd). *Bodem + Handreiking Besluit bodemkwaliteit*. Den Haag: Bodemplus. Opgehaald van https://www.bodemplus.nl/publish/pages/92488/handreiking_besluit_bodemkwaliteit_24_252539.pdf
- SenterNovem. (2008, juni). *Handvat verspreiden van baggerspecie*. Opgehaald van bodemplus.nl: https://www.bodemplus.nl/publish/pages/93785/bbk_handvat_verspreiden_van_baggespecie.doc
- Slingerland, A. (2019, Juni 7). Interview vrijkomende materialen. (S. v. Beukel, Interviewer)
- Smal, H. (2019, Juni 3). Ontwateren met bandenpers. (S. v. Beukel, Interviewer)
- Smits, A., & Baltissen, T. (2012). *Voorstudie Kringloop ondernemen*. Lisse: Praktijkonderzoek plant en omgeving. Opgehaald van <http://edepot.wur.nl/302602>
- Solis. (sd). *Zeefbandpers*. Opgehaald van Solis.nl: <http://www.solis.nl/producten/zeefbandpers/>
- Steel, R. (2019, Maart 11). Mail contact beschoeiingen. (S. v. Beukel, Interviewer)
- Stuurgroep herpolderen. (2001). *Waterkwantiteitsbeheer in de gemeente Rotterdam*. Rotterdam: Stuurgroep herpolderen .
- Sundermeijer, D. (2019, Februari). Interview baggeren. (S. v. Beukel, Interviewer)

- tractorfan. (2009). *Rijsnelheid met maiszaaien*. Opgehaald van tractorfan.nl:
<https://www.tractorfan.nl/topic/1688/>
- Unie van waterschappen. (2019). *Gedragscode wet natuurbescherming voor waterschappen*. Unie van waterschappen. Opgehaald van <https://www.uvw.nl/wp-content/uploads/2019/01/Gedragscode-Wet-natuurbescherming-voor-waterschappen-2019.pdf>
- UVW. (2019, Januari 22). *Gedragscode waterschappen wet natuurbescherming*. Opgehaald van UVW: <https://www.uvw.nl/wp-content/uploads/2019/01/Gedragscode-Wet-natuurbescherming-voor-waterschappen-2019.pdf>
- van den Beukel, S. (sd). Gemeente Rotterdam , Rotterdam.
- van Doorn, W. (2018). *Praktijkonderzoek bioraffinage*. Amersfoort: Stowa. Opgehaald van <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202018/STOWA%202018-25%20defversie%20web.pdf>
- Veeteeltwebsite. (2018, juni 13). Grasraffinage is na 20 jaar praktijkrijp. Nederland. Opgehaald van <https://www.youtube.com/watch?v=QW6sPga7oPs>
- Vlaco. (2009). *Ecologische en economische voordelen gft- en groencompost*. Vlaco. Opgehaald van http://www.agripress.nl/_STUDIOEMMA_UPLOADS/downloads/pdf_0_1.pdf
- Vlaco. (2009). *Ecologische en economische voordelen gft- en groencompost*. Vlaco. Opgehaald van http://www.agripress.nl/_STUDIOEMMA_UPLOADS/downloads/pdf_0_1.pdf
- Volbeda, E. (2016). *Geowall as a Qoay wall MSc Thesis*. Delft : TUDelft.
- Vossenbergh. (sd). *Tarieven bedrijven*. Opgehaald van vossenbergh.nl:
<https://www.vossenbergh.nl/afvalverwerking/tarieven.html>
- Vroonhof, J., Warringa, G., & Croezen, H. (2004). *Meerpalen, een tweede leven*. Delft.
- Waardenburg, I. (2014, december 18). *Bouwen met bagger*. Opgehaald van [technischweekblad.nl: https://www.technischweekblad.nl/nieuws/baggerslib-als-bouwmateriaal/item498](https://www.technischweekblad.nl/nieuws/baggerslib-als-bouwmateriaal/item498)
- Wagro. (2017, December 19). *Ontwikkelingen glastuinbouwgebied de Glasparel: Houtwk, warmtenet en laagwaardige biomassa*. Waddinxveen: Wagro. Opgehaald van https://www.kasalsenergiebron.nl/content/user_upload/Wagro___Wayland_-_Ontwikkeling_de_Glasparel.pdf
- Wagro. (sd). *compost. compost*. Wagro, Waddinxveen . Opgehaald van <https://wagro.nl/>
- Waterschap Hollandse Delta. (2011, Juli). *Meerjarenbaggerplan*. Rotterdam: wshd. Opgehaald van wshd.nl: https://www.wshd.nl/binaries/content/assets/wshd---website/common/schoon-en-voldoende-water/meerjaren_baggerbeleid_2012-2018.pdf
- Wetten.overheid. (2019, 01 01). *Vrijstellingsregeling plantenresten* . Opgehaald van [wetten.overheid.nl: https://wetten.overheid.nl/BWBR0019048/2019-01-01#Artikel3](https://wetten.overheid.nl/BWBR0019048/2019-01-01#Artikel3)

- wetten.overheid.nl. (2018, 04 29). *Regeling diervoeders 2012*. Opgehaald van wetten.overheid.nl: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0028123/2018-04-29>
- wetten.overheid.nl. (2019, 01 01). *Wet milieubeheer*. Opgehaald van wetten.overheid.nl: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0003245/2019-01-01>
- Whisperer power . (sd). *Generating Confidence* . Opgehaald van whisperpower.com: <https://www.whisperpower.com/nl/4/5/27/producten/generators-sq-pro-series-15001800-rpm/m-sq-pro-10-marine-1-fase.html>
- Wintersen, A., & Otte, P. (2019). *Overzicht van risicogrenzen voor PFOS, PFOA, en GenX ten behoeve van een tijdelijk handelingskader voor het toepassen van grond en baggerspecie op of in de landbodem*. Bilthoven: Rijksinstituut voor volksgezondheid en Milieu Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2019/04/09/memo-rivm-overzicht-van-risicogrenzen-voor-pfos-pfoa-en-genx/memo-rivm-overzicht-van-risicogrenzen-voor-pfos-pfoa-en-genx.pdf>
- Zijlstra, J. (2019). Baggeren interview. (S. v. Beukel, Interviewer)
- Zwiep, J. (2019, Juni 6). Gesprek over baggerspecie op de kant plaatsen. (S. v. Beukel, Interviewer)

Inhoud bijlagen

Bijlage 1: Interviews	63
Bijlage 2: Handvat wet en regelgeving	72
2.1 Beleidsmatige uitgangspunten.....	72
2.2 Relaties met plannen en wet en regelgeving	75
Bijlage 3: Toelichting analyses hoeveelheden en eigenschappen	81
3.1 GIS-tools begrippenlijst.....	81
3.2 Interpoleren waterbodempkwaliteiten in GIS:	83
3.3 Eigenschappen en hoeveelheden van de vrijkomende baggerspecie	86
3.4 Eigenschappen en hoeveelheden bodemsoorten baggerspecie	88
3.5 Analyse vrijkomende maaisel in de gemeente Rotterdam	91
3.6 Analyse vrijkomende bladeren in de gemeente Rotterdam:	96
3.7 Inventarisatie beschoeiingsmaterialen.....	97
Bijlage 4: Toelichting Multi Criteria Analyses	98
4.1 Toelichting MCA-baggerspecie.....	99
4.2 Toelichting MCA vrijkomende groen materialen	115
Bijlage 5: Kaarten	131
Bijlage 6: Verwijzing naar handleiding ArcGIS-model (beroepsproduct)	136

Bijlage 1: Interviews

In dit hoofdstuk zullen de interviews naar voren komen van betrokken experts bij het onderzoek. Er wordt een samengevatte versie gegeven van het gesprek zodat de hoofdlijnen duidelijk worden. Iedereen die geïnterviewd is werkt bij de gemeente Rotterdam, met uitzondering op aannemers.

Interviews Tamara Labrovich – Hoogland (stadsbeheer)

Datum: Omdat er meerdere gesprekken zijn uitgevoerd met Tamara Labrovich-Hoogland verspreid over meerdere dagen wordt er geen datum gegeven.

De hoofdlijnen die naar voren zijn gekomen uit de gesprekken:

- Wanneer erop schoon gebaggerd wordt is er gebaggerd op het legger niveau. Bij periodiek baggeren wordt gekeken welke watergang om onderhoud vraagt. Aan de hand van slib aanwas gegevens kan afgeleid worden welke watergangen meer onderhoud nodig hebben. Op die manier kan er afgeweken worden van elke watergang eens in de 10 jaar baggeren. Wellicht zouden sommige ook eens in de 15 jaar kunnen.
- De gemeente heeft ontvangstplicht van de hoofdwatertgangen voor baggerspecie en voor maaisels. De baggerspecie dient maximaal van de kwaliteit wonen te zijn, anders dient het waterschap de baggerspecie af te voeren.
- Delfland is gestopt met baggeren vanwege onzekerheden over milieuvreemde stoffen zoals Pfoa en Pfas. Omdat er nog geen beleidsdocument is wat zegt hoe hier mee omgegaan moet worden ligt het meeste baggerwerk momenteel stil.
- Het is van belang om te kijken naar de Pfas waarden. Of baggerspecie wel of niet op de kant mag worden gezet hangt af van de waarden van de Pfoa/Pfas. Het RIVM moet de maximale waarden nog bepalen dus het is nu wachten op een besluit van het RIVM. De bodem mag namelijk niet vervuild worden door de specie op de kant te zetten. Dit is gebied afhankelijk. In een woonwijk zal het minder snel kunnen dan in een industriegebied. De bodemkwaliteit moet vergeleken worden met de waterbodemkwaliteit.
- Vanuit het RMO (rechter maas oever) depot wordt de baggerspecie afgevoerd of hergebruikt. Omdat dit depot bijna vol zit is de gemeente op zoek naar andere depot locaties.
- De gemeente voert op dit moment naar 2 verschillende locaties baggerspecie af. Dat zijn de Plas van Heenvliet en de Slufter. Naar de Plas van Heenvliet wordt matig verontreinigd materiaal gebracht, en naar de Slufter sterkt verontreinigd materiaal.
- De gemeente heeft de overige watergangen in onderhoud. Hiervoor moet de gemeente baggeren maar ook het materiaal afvoeren. Voor Schieland en de Krimpenerwaard en Delfland worden de Hoofdwatertgangen gebaggerd. Bij Hollandse Delta wordt dit niet gedaan. Voor alle baggerspecie van de hoofdwatertgangen geldt ontvangstplicht, behalve voor de verontreinigde klassen industrie en sterk verontreinigd. Voor het baggeren van de hoofdwatertgangen ontvangt de gemeente geld omdat dit officieel niet hoort bij hun beheertaak.
- In een MCA is het milieu zeer belangrijk. Ook kosten, bewustheid, en de omgeving zijn belangrijk. De mate of het circulair is en de toepasbaarheid in de stad zijn ook van belang.

Interviews Dick Sundermeijer (stadsbeheer):

Datum: Omdat er meerdere gesprekken zijn uitgevoerd met Dick Sundermeijer verspreid over meerdere dagen wordt er geen datum gegeven.

De hoofdlijnen die naar voren zijn gekomen uit de gesprekken:

- Rotterdam heeft haar eigen gebied specifieke beleid als het gaat om baggeren. In het generieke beleid zijn er de klassen achtergrondwaarde, wonen, en industrie. In het gebied specifieke beleid komen hier voor Rotterdam de klassen landbouw en sterk verontreinigd bij. De klassenverdeling voor bodemkwaliteit is dan als volgt voor Rotterdam:
 - o Klasse natuur (schoon)
 - o Klasse landbouw (zeer licht verontreinigd)
 - o Klasse wonen (licht verontreinigd)
 - o Klasse industrie (matig verontreinigd)
 - o Klasse verontreinigd (sterk verontreinigd)
- Van de watergangen in Rotterdam bestaat ongeveer 65% uit veenachtige specie, 30% uit kleiachtige specie en 5% uit zandachtige specie.

Interview Bouke Bakker (stadsontwikkeling):

Datum: 21-02-2019

- Het foodcluster bekijkt of ze bedorven afval kunnen omzetten via bioraffinage. Dit lijkt echter niet mogelijk vanwege de afvalstoffenwetgeving. Hier liggen wel grote kansen. Zo zou ook maaisel omgezet kunnen worden omdat hier eiwitten uit te halen zijn.
- Van baggerspecie kan teelaarde gemaakt worden. Dit is toepasbaar om in de bodem aan te brengen als bodemverbeteraar.
- Fermentatie techniek om bladeren om te zetten naar bodem verbeteraar. Dit verschilt van composteren omdat het een proces is zonder zuurstof. Deze methode wordt succesvol toegepast bij de gemeente Hengelo.
- Topsurf loopt tegen de meststoffen wet en regelgeving aan. Het materiaal mag niet zomaar op of in de bodem aangebracht worden als bodem verbeteraar.

Interview Jaap Zijlstra (projectleider baggeren):

Datum: 27-02-2019

- Van baggerspecie wordt op dit moment teelaarde gemaakt. Dit past in de circulaire gedachte van Rotterdam.
- Veen wordt hierbij gemengd samen met veen en zand.
- Het huidige tijdelijk depot waar baggerspecie wordt ontwaterd en hergebruikt bevindt zich bij de kruising A15 – A4. Hier kan 7.000m³ op jaarbasis worden ontwaterd.
- Op jaarbasis wordt er tussen de 80.000 en 100.000m³ gebaggerd. Hiervan wordt zo'n 20-30% hergebruikt.
- De gemeente zoekt naar nieuwe depots maar stuit hier op weerstand. De gemeente wil namelijk liever potentieel geschikte gronden ontwikkelen voor bijvoorbeeld vastgoed.
- Geotube is niet rendabel omdat er te hoge kosten aan zitten. Bovendien moet het materiaal erin gestopt worden en er ook weer uitgehaald worden. Lokaal gezien neemt dit veel ruimte in beslag.
- Er zal binnenkort gestart worden met het testen op pfoa en pfas. De Plas van Heenvliet zit bijna vol dus er worden strengere eisen gesteld aan baggerspecie storten.
- Rotterdam mag er echter nog steeds storten met pfoa en pfas. Dit gebeurt door meerdere gemeenten. Voor de Slufter geldt hetzelfde.
- Veel baggerspecie van klassen wonen wordt gestort. Dit materiaal heeft wel potentie om hergebruikt te worden omdat het niet ernstig verontreinigd is.
- Er wordt gebaggerd conform de wet natuurbescherming. Naarmate het warmer wordt moet er ook eerder gestopt worden met baggeren omdat de natuur dan van slag is. Normaal gesproken kan er tot 15 maart gebaggerd worden.
- De kwaliteit van de baggerspecie wordt een halfjaar van tevoren bepaald door een meting te doen op locatie. Dit gebeurt aan de hand van een grondboor. De resultaten worden vervolgens in een rapport verwerkt (WABO = Waterbodemonderzoek).

Interview Joep van Leeuwen (stadsontwikkeling):

Datum: 27-02-2019

- De wereld van vrijkomend materiaal is een conservatieve wereld waardoor veranderingen langzaam gaan. Geen eigendomsoverdracht is het handigste waardoor er de materialen direct toepasbaar zijn.
- In het bestek staat vaak dat materialen vervallen aan de aannemer. Als dit veranderd wordt komen er extra taken bij het beheer.
- Materiaal wordt met een zo hoog mogelijke waarde weer ingezet en kan worden verkocht of weer toegepast binnen de stad.
- Het droge stofgehalte van baggerspecie is heel laag. Hoe sneller de substantie gescheiden wordt van het water hoe beter. Op deze manier kunnen veel kosten bespaard worden wanneer de materialen afgevoerd moeten worden.
- Gebruik het water als verbinding en pas het toe op locaties, bijvoorbeeld parken waar alles toegepast kan worden.

Interview Harry Kreft (voormalig projectleider baggeren):

Datum: 05-03-2019

- Wanneer bagger op de huidige wijze verwerkt wordt door er teelaarde van te maken is het grootste probleem de depotruimte. Dit is lastig voor elkaar te krijgen intern bij de gemeente. Wanneer een definitief depot of doorgangsdepot wordt opgezet zou een gedeelte van het probleem weggehaald worden. Dan is het niet meer noodzakelijk om telkens opnieuw een tijdelijk depot op te zetten.
- Echter is er al geen ruimte voor een tijdelijk depot, dus een definitief depot lijkt lastig realiseerbaar.
- Wanneer er genoeg depots zijn kan het hergebruik van baggerspecie oplopen tot 50%.
- Wanneer aannemers benaderd worden voor vrijkomende groen materialen kan een inschatting gemaakt worden voor de rest van Rotterdam.

Interview Matthijs Punt (aannemer):

Datum: 06-03-2019

- Maaisel vervalt aan de aannemer die de gemeente inhuurt om het werk uit te voeren. De aannemer moet dan een bestemming zoeken voor het maaisel. Hier wordt dan compost van gemaakt bij een compostering bedrijf. Matthijs Punt (aannemer) heeft dit bevestigd. Hun vrijgekomen materiaal wordt naar de Wagro in Waddinxveen (23km) gebracht.

Interview Pieter Brenner en Henri Groeneveld (grondbank):

Datum: 04-03-2019

- Het sluiten van kringlopen van de materialen, daar moet de focus op liggen.
- Kijken naar de eigenschappen van de grondstof.
- Voor elk materiaal is een andere aanpak nodig.
- Drie belangrijke parameters bij een retour logistiek model:
 - o Het materiaal komt vrij
 - o Het materiaal wordt bewerkt
 - o Het materiaal wordt toegepast
- De grondstoffen bank is een leverancier die grondstoffen levert, de afnemer is leidend. Zelfde met koken of bakken. Je hebt goede ingrediënten nodig.
- Er is een dialoog nodig tussen de vastgoedafdeling en de beheerders voor tijdelijke depots.
- In de gemeente Rotterdam is 50.000 ton teelaarde behoefte. Hier wordt 50.000 ton natte bagger voor gebruikt om dit te maken. Hier komt de gemeente echter niet aan omdat het tijdelijke depot een capaciteit heeft van 7.000m³.
- Henri Groeneveld is bezig met de omvorming van een grondbank naar een grondreststoffenbank.
- De Slufter is in 2050 nog niet vol, de Plas van Heenvliet is wel bijna vol.
- De gemeente maakt zelf geen compost. Het gaat allemaal in kleine gedeelten naar de een bedrijf toe die er compost van maakt.
- Beschoeiingen vervallen aan de aannemer dus dit is buiten het zicht van de grondbank. Robert steel bevestigt dit ook. De materialen worden beschikbaar gesteld aan de aannemer voor verwerking.

Aangeleverde kentallen kosten:

Storten Plas van Heenvliet per 10.000m³:

- Transportcentrum Rotterdam naar Plas van Heenvliet (30.7km) = €71.250
- Verwerkingstarief Plas van Heenvliet = €71.875
- Inkoop 1/3 veen (3333m³) = €4.600
- Transport veen Gouda – grondbank (25km) = €17.830

Kosten opzetten tijdelijk depot voor 10.000m³:

- Opzetten tijdelijk depot: €2.000
- Transportcentrum Rotterdam naar depot Teugeweg (6,4 km) = €31.820
- Acceptatiekosten = €900
- Depotbeheer (toezichthouder) = €3.600
- Omzetten slootslib 2x = €22.750
- Keuringskosten: = €2.000
- Controle op asbest = €600
- Ontmantelen depot = €2.000

Aangeleverde kentallen CO₂ uitstoot:

Storten Plas van Heenvliet per 10.000m³:

- Transportcentrum Rotterdam naar Plas van Heenvliet (30.7km) = 38.830 kg
- Transport veen Gouda – grondbank (25km) = 10.540 kg

Kosten opzetten tijdelijk depot voor 10.000m³:

- Opzetten tijdelijk depot: 1.280 kg
- Transportcentrum Rotterdam naar depot Teugeweg (6,4 km) = 8.090 kg
- Omzetten slootslib 2x = 2.560 kg
- Ontmantelen depot = 1.280 kg

Interview Joop Zwiép (beheer groen):

Datum: 04-06-2019

- In het voorjaar wordt er gras ingezaaid en plekken bijgewerkt waar dat nodig is. Het is niet zo dan eens in de zoveel jaar nieuw gras ingezaaid wordt. Dit gebeurt alleen daar waar het nodig is.
- Wanneer baggerspecie op de kant gezet wordt moet rekening gehouden worden dat er een verstikkende laag ontstaat wanneer niet gras en de baggerspecie niet worden gefreesd. Het wortel pakket blijft dan zitten en als gevolg kan de nieuwe gras laag niet goed groeien en ontwikkelen door de verstikkende laag. Daarom is frezen noodzakelijk.
 - o Het gras moet dus kapot gemaakt worden (huidig gazon)
 - o Dit moet goed gescheurd worden zodat nieuw gras aangelegd kan worden. Hierdoor krijgt het gras optimaal de kans om goed te wortelen.
 - o Doormiddel van een frees achter een tractor kan het gras gescheurd worden.
- Bestekken zouden op elkaar afgestemd kunnen worden, echter moet dit tijdig geïntegreerd en afgestemd worden. Nu zijn de bestekken al bijna gereed voor de nieuwe termijn. Voor het volgende bestek zou deze optie meegenomen kunnen worden.

Interview Ad Slingerland (bestek houder groen):

Datum: 07-06-2019

- De bomen die in de database staan in GIS bij de vrijkomende bladeren analyse zijn alleen de bomen onderhouden worden en waarvan blad wordt afgevoerd. Bomen in het Kralingsebos staan er niet allemaal in. Dit komt omdat deze bomen niet allemaal in onderhoud en de meeste bladeren, zoals dat in een bos hoort, op de grond vallen.
- Er zijn maaifrequenties. Bij meer dan 10 keer wordt er sowieso niet afgeruimd. Bij 2-3x wordt er wel afgeruimd. De analyse van het vrijkomend maaisel is voor het huidige grasareaal wat er vrijkomt. Maai frequenties zijn niet meegenomen in de analyse.
- Bladeren worden afgevoerd naar compostbedrijven. Schone stad van de gemeente Rotterdam zorgt ervoor dat het blad wordt verzameld en wordt afgevoerd.
- Bokashi zou lokaal op wijkniveau kunnen. Per wijk wordt dan het materiaal gefermenteerd. Het beheer zou dan meer per wijk worden afgestemd en de bodem verbeteraar kan lokaal per wijk worden toegepast. De wetgeving is namelijk soepeler wat betreft fermenteren. Compost valt onder de meststoffen wetgeving en mag onder voorwaarden in de of op de bodem worden aangebracht. Bokashi is geen erkende meststof en valt hier dus niet onder.
- Wanneer materiaal nat vrijkomt kan dit ook gefermenteerd worden. Maai en kroos materialen kunnen dus gefermenteerd worden.
- Het beheer zou ideaal zijn wanneer alles op elkaar wordt afgestemd. Door alles te koppelen kunnen kosten bespaard worden. Bijvoorbeeld beschoeiingen vervangen door bagger geperste blokken, en direct inzaaien en frezen wanneer baggerspecie op de kant gezet wordt.
- Bij Bokashi gaat organische stof verteren doordat het in aanraking komt met zuurstof. Bij composteren gebeurt dit al in het compost proces en wordt het dus als het ware uitgesteld bij fermenteren.
- Net als met composteren wordt er veel zuurstof onttrokken wanneer baggerspecie over de kant verspreid wordt. Dit komt door het organische stofgehalte. Daarom moet er een niet al te dikke laag over de kant verspreid worden. Hoe dikker de laag hoe lastiger er zuurstof bij kan komen en hoe langer het duurt voordat de organische stof verteerd is. 2,4 centimeter moet mogelijk zijn. Rondom bomen kan er niet gefreesd worden omdat dan de wortels van de bomen aangetast worden.
- Bokashi is een bodem verbeteraar. Zo lang de toegepaste laag op de bodem beperkt blijft kun je fermenteren maar of alles gefermenteerd moet worden is de vraag.
- In bouwputten zou bijvoorbeeld perfect de grond verbeterd kunnen worden omdat daar weinig organische stof aanwezig is.
- Bomen in de stad zijn meestal bestraat rondom de boom. De bladeren worden dus allemaal afgevoerd in plaats van dat de boom deze kan benutten als organische stoffen. Dit is een tendens die aan het omslaan is dat het materiaal meer in de stad toegepast moet worden. Door al het afvoeren van de afgelopen jaren van stoffen die de bodem verbeteren zoals bladeren wordt de bodem uitgeput en als maar armer.
- Plataan blad is hard blad maar kan ook gefermenteerd worden. Dit gebeurt ook bij composteren.
- Meer naar een ecologisch grasmengsel gaan zou ideaal zijn. Dit geeft een impuls voor bloemen en daardoor ook voor bijen. Dit grasmengsel presteert het beste op voedselarme grond.

Interview Casper Salverda (werkvoorbereiding groen)

Datum: 14-06-2019

Uit het gesprek met Casper Salverda bleek welke maatregelen er allemaal nodig zijn voor het gazonherstel wanneer baggerspecie op de kant wordt gezet. Het totaalbedrag aan kosten is onder de maatregelen weergegeven.

- Frezen bestaande grasmatten 2x
- Aanbrengen baggerspecie met kipper
- Onderprofiel brengen van de grond
- Diepspitten grondoppervlak
- Egaliseren grondoppervlak na grondbewerking
- Inzaaien gras
- Bemesten grasveld inclusief het leveren van meststof
- Klikmelding voor kabels en leidingen

Totaal aan kosten: 0,25 euro/m²

Interview Henk Smal – ontwateren van baggerspecie met een bandenpers

Van: Henk Smal _____

Verzonden: maandag 3 juni 2019 17:44

Aan: Beukel S.C. van den (Sibe) _____

Onderwerp: RE: Baggerspecie ontwateren

Beste heer Van den Beukel,

- *Wat is de capaciteit van het slib wat erin gaat en de capaciteit van het ontwarde slib dat er weer uitkomt in m³?*
De capaciteit van de installatie is enerzijds een maximale hydraulische belasting (maatgevend is de input flow (m³/u), die per type machine anders is, anderzijds is er een maatgevende maximale capaciteit, nl. maximale slibkoekproductie (ton slibkoek/uur).
Dat is dus zonder slibgegevens slecht te bepalen.
Uitgaande van een gemiddelde mobiele zeefbandpers zoals Servis die aanbiedt, uitgaande van een baggerspecie dat zicht gemiddeld laat ontwateren, kan er een productie van zo'n 15-20 m³/uur (input), DS-gehalte van ca. 8%, met 1 machine worden behandeld.
Wanneer de input 8% DS is, en de output (slibkoek) ca. 32% DS, dan is er een factor 4 volumereductie gerealiseerd om van een vloeibare een vaste fractie te maken, wat dus inhoud: 20 m³/uur in = 5 m³/uur uit.
- *Kan de bandenpers alle soorten baggerspecie ontwateren of moet bijvoorbeeld meer kleiachtige specie eerst voorgesneden worden?*
Afhankelijk van de baggermethode zal het mengsel moeten worden voorbehandeld. Specie uit grachten/watergangen zal vooraf altijd moeten worden gezeefd om grove vervuilingen uit het mengsel te halen.
- *Wat is de oppervlakte die een dergelijke installatie inneemt?*
Dit is ook weer afhankelijk van de grote van de installatie, maar met 1 mobiele installatie, inclusief zeefstap vooraf, dient er minimaal 15 × 15 meter beschikbaar te zijn.
Hierbij is geen rekening gehouden met opslag/overslag/transport van de slibkoek en/of eventuele waterbehandeling.
- *Wat is de mate van ontwatering van het eindproduct (droge stofgehalte)?*
Afhankelijk van het organische stofgehalte van de baggerspecie en andere samenstellingsparameters, zoals bv zandgehalte, lutumgehalte, DS-gehalte, zal het slib tot een steekvaste koek kunnen worden gemaakt in een range van 20-50% DS.
- *Kunt u wat vertellen over de CO₂ uitstoot van het apparaat?*
De machine zelf stoot geen CO₂ uit. Het eventueel te gebruiken aggregaat wel. Een cijfer hiervoor moeten wij u helaas schuldig blijven.

Henk Smal

Bijlage 2: Handvat wet en regelgeving

Om een beeld duidelijk te krijgen van de huidige situatie van alle vrijkomende materialen met betrekking tot wet en regelgeving is deze bijlage opgesteld. In dit hoofdstuk wordt het watersysteem besproken, de huidige manier van vrijkomende materialen uit en rondom watergangen hergebruiken en verwerken, en de stakeholders die betrokken zijn bij de huidige manier van vrijkomende materialen verwerken.

2.1 Beleidsmatige uitgangspunten

De waterschappen binnen Rotterdam voeren ieder jaar opnieuw onderhoud uit. Voor het stedelijk gebied geldt dat het waterschap de hoofdwatertgangen onderhoudt. De verantwoordelijkheid voor het baggeren, het vuilvissen en het bijhouden van groen ligt dus voor de hoofdwatertgangen allemaal bij het waterschap. De gemeente heeft wel een ontvangstplicht voor de bagger die vrijkomt uit de hoofdwatertgangen. Voor de overige watertgangen geldt dat de gemeente hier al het onderhoud uitvoert, tenzij de desbetreffende watertgang in beheer is bij een andere eigenaar. Voor het uitvoeren van het onderhoud gelden een aantal uitgangspunten.

Uitvoering periodiek onderhoud

Op grond van artikel 11 van de waterwet geldt dat vrijkomende baggerspecie op de kant gezet mag worden op aangrenzende percelen. Op basis van de huidige wet en regelgeving houdt dit in dat de baggerspecie op de kant gezet mag worden als de kwaliteit van de bagger dit toe laat. De volgende uitgangspunten gelden voor het uitvoeren van het periodiek onderhoud voor de hoofdwatertgangen:

Bagger kan onderverdeeld worden in 5 verschillende kwaliteitsklassen:

- Natuur (schoon) → hergebruik via tijdelijk depot of storten
- Landbouw (zeer licht verontreinigd) → hergebruik via tijdelijk depot of storten
- Wonen (licht verontreinigd) → hergebruik via tijdelijk depot of storten
- Industrie (verontreinigd) → stort locatie Plas van heenvliet of de Slufter
- Verontreinigd (sterk verontreinigd) → stort locatie de Slufter

Hoofdwatergangen:

Voor klasse natuur tot en met wonen geldt het volgende:

1. De waterschappen zullen de vrijkomende baggerspecie wat vrijkomt bij het uitvoeren van het onderhoud leveren aan de gemeente.
2. De vrijkomende baggerspecie wordt waar de situatie dit toelaat op de kant gezet.
3. De kosten voor het transporten van de bagger naar een depot of tijdelijke locatie, en het transporten van gerijpte specie komen voor de kosten van de gemeente.

Voor klasse industrie en verontreinigd geldt het volgende:

1. Voor de vervuilde specie zal het waterschap zorgen voor transport naar een geschikte stort locatie, alsmede betalen voor het storten van deze specie klassen.
2. De bagger kan eventueel tijdelijk worden opgeslagen om een proces van verontreiniging in gang te zetten.
3. Het waterschap zorgt ervoor als onderhoudsplichtige dat ze beschikken over de juiste vergunningen.
4. Het waterschap zal omwonenden informeren over baggerwerkzaamheden en tijdelijke depotlocaties wanneer hier sprake van is.

Overige watergangen:

Voor de overige watergangen geldt dat de gemeente hier zorg voor draagt. Alle bovenstaande zaken en afspraken gelden dan alleen voor de gemeente wanneer er sprake is van overige watergangen, en dus niet voor het waterschap. De kwaliteitsklassen bij het kopje hoofdwatergangen, wat hierboven beschreven is, geldt ook voor de overige watergangen, alleen is dan de gemeente overal verantwoordelijk voor. De gemeente zorgt hier dus voor het baggeren, de afvoer van de bagger en de verwerking. Hetzelfde geldt voor de andere vrijkomende materialen waar dit onderzoek over gaat. Maaien, bladeren verwijderen en beschoeiingen vallen ook onder de zorgtaken voor de gemeente bij de overige watergangen.

Stappen van het baggeren:

Bij het uitvoeren van de baggerwerkzaamheden wordt volgens de volgende methodiek gewerkt (Waterschap Hollandse Delta, 2011):

1. Inmeten van de waterbodem:
 - a. Aan de hand van de ingemeten hoeveelheden bagger wordt duidelijk hoeveel er gebaggerd moet worden
2. Kwaliteit van de waterbodem bepalen:
 - a. Aan de hand van de kwaliteit van de bagger wordt bepaald waar de bagger naartoe moet gaan (zie volgende pagina).
3. Er wordt bepaald waar de bagger naartoe moet gaan zodra er gebaggerd is.
 - a. De bagger mag officieel aan aangrenzende percelen op de kant worden gezet. Echter wordt dit in Rotterdam niet gedaan door klachten van bewoners. Er liggen wel kansen om de bagger op de kant te zetten mits het ontwaterd wordt ter plekke. Het merendeel van de bagger gaat richting de sluffer, de Plas Heenvliet, of een tijdelijk depot voor hergebruik (Sundermeijer, 2019).
4. De benodigde vergunning moet worden aangevraagd:
 - a. Als er gebaggerd wordt binnen een periode waarin dit niet mag, rekening houdend met de ecologie, dan moet hier een ontheffing voor worden aangevraagd.

5. Bestekvorming en aanbesteding aan een aannemer. Hier wordt bepaald welke partijen waar gaan baggeren:
 - a. De uitbesteding wordt aan de markt uitbesteedt. Een aannemer kan zich inschrijven op een bagger bestek waarin staat aangegeven welke watergangen er gebaggerd moeten worden, welke kwaliteit de bagger is en waar de bagger afgezet moet worden.
6. De uitvoering van het werk:
 - a. Het bagger werk wordt uitgevoerd door 1 of meerdere aannemers. Het werk wordt gegund aan de hand van punten waarop gescoord kan worden. Zo worden er eisen gesteld aan duurzaamheid, maar wordt ook gekeken naar het financiële plaatje (Sundermeijer, 2019).
7. Evalueren van de resultaten en nakijken of er correct gebaggerd is.
 - a. Er wordt gecontroleerd of er correct gebaggerd is aan de hand van de eerdere ingemeten hoeveelheid bagger. Als hier afwijkingen te zien zijn dan wordt dit onderzocht wat hiervan de oorzaak is.
8. Het beheerregister wordt geüpdatet.
 - a. De resultaten van het baggeren worden vastgelegd.

Verdeling zorgplichten periodiek onderhoud

Voor de overige watergangen geldt dat de gemeente hier zorgdraagt voor alle uitvoering van het onderhoud. Voor de hoofdwatergangen draagt de gemeente zorg voor de buitenruimte, waar het waterschap zorgt draagt voor het onderhouden van het water. Voor de gemeente geldt dat ze zorg moeten dragen dat het zwerfafval opgeruimd wordt, en indien mogelijk zelfs voorkomen. Wanneer het opgeruimd wordt dient de gemeente ook zorg te dragen voor de afvoer en de verwerking van de materialen. Dit geldt ook voor groenafval. Voor de uitvoerende taken van het baggeren gelden de volgende zaken (Stuurgroep herpolderen, 2001):

1. Het waterschap draagt zorg voor de doorgaande breedte van de hoofdwatergangen
2. Oeverzones, voor zover aanwezig in hoofdwatergangen, worden onderhouden door het waterschap.
3. Het onderhoud van duikers en niet onderheide singelverbindingen is in beheer bij de gemeente.
4. Het doorstroomprofiel van duikers waarborgen in de hoofdwatergangen is de verantwoordelijkheid van het waterschap.
5. De gemeente heeft overige voorzieningen in onderhoud zoals steigers en kadevoorzieningen.
6. De waterschappen voeren het onderhoud op een passende wijze uit, kijkende naar de ecologie, de waterkwaliteit, omwonende, maar ook naar financiële aspecten.
7. De gemeente draagt de verantwoordelijkheid voor het verwijderen van kadavers en zwerfvuil.

De waterschappen zullen het verwijderen van het zwerfvuil, de kadavers en het groenafval voor hun rekening nemen en uit het water verwijderen en op de kant zetten. De gemeente zal het hier overnemen en draagt de verantwoordelijkheid en de kosten om deze materialen vervolgens af te voeren en te verwerken. De gemeente zal hiervoor aannemers contacteren om deze taken uit te voeren met in acht neming van bovenstaande punten. Er zal hier gekeken worden naar duurzaamheid maar ook naar de laagst mogelijke maatschappelijke kosten (Stuurgroep herpolderen, 2001).

2.2 Relaties met plannen en wet en regelgeving

Om inzicht te krijgen in welke wetten en regels er gelden worden hieronder de belangrijkste zaken toegelicht die van invloed zijn op het proces hoe de materialen vrijkomen. Voor de uitvoering van de processen en taken zijn er diverse wetten van belang die randvoorwaarden geven aan de beheertaak. Belangrijke wetten zijn de wet milieubeheer, wet op de ruimtelijke ordening en de wet natuurbescherming. Naast deze wetgeving zijn er diverse verordeningen en beleidsnota's die richting geven aan de inhoud van de beheertaak.

Baggeren: wetten

1. Bij het onderhoud aan watergangen waarbij materialen vrijkomen zoals baggerspecie en plantenresten worden deze gekenmerkt als afvalstoffen onder de wet milieubeheer. Volgens de wet milieubeheer artikel 10.2 is het storten van deze stoffen verboden, maar er zijn uitzonderingen (Rijkswaterstaat, sd):
 - a. Het op de kant zetten van baggerspecie is toegestaan en dus vrijgesteld van dit stortverbod indien de bagger voldoet aan de kwaliteit "schone" of "licht verontreinigde" specie. Dit geldt voor particuliere percelen. Voor openbaar gebied geldt in Rotterdam tot en met klasse matig verontreinigd.
 - i. Indien de specie niet aan deze kwaliteit voldoet moet de waterbeheerder de overige specie afvoeren door het te verwerken of te storten.
 - b. Binnen de gemeente Rotterdam wordt bagger echter niet meer op de kant gezet vanwege een gemeente besluit (Labrovic-Hoogland, 2019). Het wettelijk kader zou zoals bovenstaande aantoont hier echter wel ruimte voor bieden.
2. Wanneer hergebruik van bagger plaatsvindt wordt bagger eerst ontwaterd in een tijdelijk depot in de huidige situatie. Om een tijdelijk depot aan te kunnen leggen is een aanlegvergunning nodig volgens de wet ruimtelijke ordening. Een ander voorbeeld is een tijdelijke pijpleiding aanleggen om bijvoorbeeld bagger te kunnen transporteren. Hiervoor moet ook een aanlegvergunning via de wet ruimtelijke ordening aangevraagd worden (Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit, sd).
3. Wet natuurbescherming: De nieuwe gedragscode voor de waterschappen voor de wet natuurbescherming, waar ook de gemeente zich aan moet houden vervangt sinds 1 januari 2017 de Flora en Faunawet (Sundermeijer, 2019). De nieuwe wet natuurbescherming is dus ontstaan uit de Flora en Faunawet. In deze nieuwe gedragscode voor de wet natuurbescherming staat beschreven wanneer er gebaggerd mag worden, op zo'n manier dat de impact op de ecologie beperkt blijft. De unie van waterschappen heeft een gedragscode ontwikkeld die in de praktijk beschrijft wanneer de waterschappen de werkzaamheden mogen uitvoeren zonder een ontheffing te moeten aanvragen. Dit betekent dus een kalender waarin aangegeven staat wanneer welke werkzaamheden moeten worden uitgevoerd (Waterschap Hollandse Delta, 2011). Indien de werkzaamheden in de groene gebieden uitgevoerd worden is geen ontheffing nodig, echter buiten de groene gebieden is hier wel sprake van (zie tabel 25). Er moet bovendien rekening gehouden worden met beschermende soorten door hier onderzoek naar te doen op de locatie waar de werkzaamheden uitgevoerd gaan worden. Indien hier sprake van is kan een ontheffing van toepassing zijn, inclusief beperkende maatregelen (UVW, 2019). Indien de werkzaamheden uitgevoerd moeten worden in een periode buiten het groen gearceerde gebied dient dit onderbouwd te worden waarom de werkzaamheden nodig zijn in die periode en er moet aangetoond worden hoe er extra beperkende maatregelen genomen worden om soorten te beschermen in die periode (UVW, 2019). Dit komt omdat in de rood en oranje gearceerde gebieden de ecologie extra kwetsbaar is.

Onderhoud	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
Maaien bermen, dijken en schouwpaden												
Schonen van het natte profiel												
Baggeren van bodems en herprofilering												
Herstelwerkzaamheden (1.)												
Begrazen (2.)												
Snoeien en dunnen van opgaande beplanting												
Onderhoud waterkeringen												
Onderhoud verhardingen (3.)												

 Voorkeursperiode, met minste risico op afbreuk aan populaties van soorten.
  2e voorkeursperiode: 'ja, mits'. Uitvoering met de nodige schadebeperkende maatregelen.
  3e voorkeursperiode: 'nee, tenzij'. Alleen in uiterste noodzaak en met de nodige schadebeperkende maatregelen.

(1.) Tijdens broedseizoen rekening houden met voorkomen van broedende vogels en andere beschermde soorten.
 (2.) Begrazingsdruk (aantal dieren en periode) en keuze diersoort aanpassen op voorkomen van juridisch zwaarder beschermde soorten.
 (3.) Tijdens broedseizoen rekening houden met voorkomen van broedende vogels en andere beschermde soorten.
 (Bron: Gedragscode Flora- en Faunawet voor waterschappen)

Tabel 25: Kalender uit de gedragscode waterschappen (Waterschap Hollandse Delta, 2011)

Periodiek onderhoud baggeren: verordeningen en beleidsnota's

4. Kaderrichtlijn water: De kaderrichtlijn water is in 2005 in de Nederlandse wetgeving opgenomen. Deze wetgeving verplicht lidstaten van de Europese Unie om al hun wateren te voorzien van een goede waterkwaliteit en deze ook te handhaven, zowel op chemisch als op ecologisch gebied. Als er niet aan deze kwaliteitswaarden wordt voldaan zijn er maatregelen nodig om de wateren weer op peil te brengen (Waterschap Hollandse Delta, 2011).
 - a. Op chemisch gebied geldt dat waar een Europese norm geldt voor chemische stoffen, dat de wateren aan deze kwaliteitsnorm moeten voldoen.
 - b. Op ecologisch gebied zijn er normen vastgesteld wat betreft waterplanten, vis, macrofauna en algen om een goede waterkwaliteit te waarborgen.
 - c. Waar er geen Europese wetgeving is voor nutriënten en milieugevaarlijke stoffen geldt de Nederlandse wetgeving onder de ecologische toestand. De normen die de Nederlandse wet gemaakt heeft zijn vastgelegd in het besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewater. Deze normen zijn vervolgens via een resultaatplicht gekoppeld aan de KRW-waterlichamen (dit zijn meestal de grote wateren zoals hoofwatergangen, boezemwatergangen en rivieren). Dit wordt gerapporteerd aan de Europese commissie. Voor overige watergangen geldt dat deze methodiek sturend is, en er een inspanningsverplichting geldt.
 - d. Door frequent te baggeren worden al flink bijgedragen bij het realiseren van de KRW-doelen. Dit komt door:
 - i. Verbeterde zuurstofhuishouding
 - ii. Verbeteren vestigingsmogelijkheden voor waterplanten
 - iii. Het verwijderen van nutriënten en organisch materiaal uit de watergangen waardoor de waterkwaliteit verbeterd.
 - iv. Het bevordert de doorstroming wat zelfreiniging van het water bevordert.
 - v. Vergroting van de waterdiepte betekent een vergroting van waterbergend volume en tevens de opvangcapaciteit van verontreinigde stoffen.

5. Besluit bodemkwaliteit: Het besluit bodemkwaliteit gaat in op de milieutechnische eisen die gelden om bagger te verwerken. Het kwaliteitskader van de grond en van de baggerspecie zijn aan elkaar gelijkgesteld. Het besluit bodemkwaliteit is opgebouwd bestaande uit een driedelig toepassingsstelsel (Waterschap Hollandse Delta, 2011):
- a. Generieke kader: Binnen dit kader is vastgelegd aan welke waarden de toe te passen grond en baggerspecie moeten voldoen om toegepast te kunnen worden op de ontvangende bodem.
 - i. De vrijkomende bagger moet volgens dit kader getoetst worden aan de ontvangende bodem. Het mag niet zo zijn dat de kwaliteit van de bagger de bodemkwaliteit waar de specie op geplaatst wordt zal verslechteren. De kwaliteit dient dus gelijk te zijn aan de ontvangende bodem, of beter. Binnen het generieke kader is er sprake van 3 belangrijke toetsingskaders:
 - 1. Toepassing op de landbodem
 - 2. Verspreiding op het aangrenzende perceel
 - 3. Verspreiding of toepassing in oppervlaktewater
 - ii. Indien de bagger bij de kwaliteitstoetsing over een aangrenzend perceel verspreid mag worden dan is dit mogelijk, indien er voldoende beschikbare ruimte is. De overige bagger wordt naar een tijdelijk depot gebracht waar het moet voldoen aan de normen om het toe te passen op de landbodem. De ontvangende landbodem wordt ook getoetst. De kwaliteit van de baggerspecie mag niet lager zijn dan de ontvangende bodem. Indien dit niet het geval is zal naar het volgende kader gekeken moeten worden.
 - b. Gebied specifieke kader: Dit kader kan aangepast worden door de gemeente voor een specifiek gebied. Hier kunnen bijvoorbeeld maximale waarden worden opgesteld voor een bepaald stuk ontvangende bodem, gelet op de functie in relatie tot de omgeving. Hierdoor kan de toepassingsmogelijkheid vergroot worden indien er geen gevolgen zijn voor de omgeving voor mens en milieu.
 - c. Grootschalig toepassen: Dit kader bestaat voor grootschalige toepassingen. Hier is grond vrij toepasbaar mits er een leeflaag (kan een scheiding van bijvoorbeeld beton zijn of;) van eigen grond wordt aangebracht, of grond wordt gestort van een betere kwaliteit dan de ontvangende grond. Verder moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:
 - i. Er wordt 5000 m³ of meer baggerspecie toegepast.
 - ii. De kwaliteit van de bagger mag niet slechter zijn dan de kwaliteitsklasse industrie.
 - iii. Er moet sprake zijn van een blijvende beheerder.
 - iv. De toegepaste grond moet een hoogte hebben van minimaal 2 meter
 - v. Er wordt een leeflaag (een scheidingslaag) van tenminste een halve meter aangebracht.
6. De keur en de legger: Binnen de wet en regelgeving wat hierboven is uitgewerkt mag het waterschap haar eigen beleid toepassen. Uitgangspunt is dan dat de waterbeheerders handelen naar wat is vastgelegd in de keur en de legger van het

desbetreffende waterschap. De keur geeft aan wat wel en wat niet mogelijk is met betrekking tot het beheer van het oppervlaktewater. In de legger staat wat de vorm moet zijn van de watergang, de afmetingen, en wie onderhoudsplichtig is.

- a. De gemeente moet dus op zo'n manier de baggerwerkzaamheden uitvoeren dat de watergang wordt teruggebracht op een diepte zoals in de legger staat aangegeven.
 - b. Met betrekking tot het onderhoud zegt de keur daar het volgende over (Waterschap Hollandse Delta, 2011):
 - i. Het onderhoud moet uitgevoerd worden zoals in de legger staat aangegeven.
 - ii. De aan en de afvoer van het water moet gewaarborgd worden in de watergang.
 - iii. De oevers moeten vrijgemaakt worden voor de uitvoering van het periodiek onderhoud.
 - iv. De ontvangtplicht voor het bagger en het maaisel mag niet te dicht bij de watergang liggen, dit wordt op 0,5 meter uit de insteek gelegd.
 - v. De bagger moet binnen een tijdsbestek van 2 maanden verspreid of afgevoerd worden uit de beschermingszones.
7. Beleidsregels en vergunningverlening: Voor de regels in de keur is een vrijstellingsvergunning aan te vragen, mits het watersysteem in stand gehouden wordt.

Maaien, bladeren en andere materialen uit en rondom watergangen verwijderen: wet en regelgeving:

1. Bij het onderhoud aan watergangen komen materialen vrij zoals baggerspecie en plantenresten. Deze worden gekenmerkt als afvalstoffen onder de wet milieubeheer. Volgens de wet milieubeheer artikel 10.2 is het storten van deze stoffen verboden, maar er zijn uitzonderingen (Rijkswaterstaat, sd):
 - a. Bermmaaisel mag op de kant gezet worden en is uitgesloten van het stortverbod (artikel 2 lid 1 van het besluit vrijstellingen stortverbod buiten inrichtingen) (Rijkswaterstaat, sd) mits aan de voorwaarden wordt voldaan die gelden in artikel 3 van de vrijstellingsregeling platenresten (Wetten.overheid, 2019):
 - i. Het maaisel wordt geplaatst op de plek of het perceel waar het is vrijgekomen, of op het aangrenzende perceel, of indien deze opties niet mogelijk zijn, op een perceel dat binnen een afstand van 5 kilometer gelegen is ten opzichte van de plek waar het vrijkomt.
 - ii. Het maaisel moet schoon en onverdacht zijn.
 - iii. Het vrijkomende maaisel moet in evenwichtige verhouding staan met de grootte van het perceel.
 - iv. Het maaisel dient evenredig verspreid te worden over het perceel. Ook mag het maaisel niet significant bijdragen aan de verspreiding van zware metalen en nutriënten.
2. In de gedragscode van de unie van waterschappen voor de wet natuurbescherming geldt dat voor werkzaamheden zoals maaien en bladeren verwijderen deze niet gedaan mogen worden in de rood en oranje gearceerde gebieden, tenzij er maatregelen worden genomen (zie tabel 25). Vooraf aan de werkzaamheden wordt gekeken of er juridisch beschermende soorten aanwezig zijn in het gebied, en zo nodig worden er maatregelen getroffen (UVW, 2019). De tijd aangegeven in tabel 25 kan afwijken, afhankelijk van de weersomstandigheden. In overleg kunnen daarom de werkzaamheden eerder of juist later starten (Sundermeijer, 2019).
3. Er is een wettelijke plicht volgens de waterwet artikel 5.23 om maaisel te ontvangen op aanliggende percelen rondom watergangen. Dit komt door de wettelijke verplichting om herstelwerkzaamheden en onderhoudswerkzaamheden te gedogen aan waterstaatswerken.
 - a. Dit geldt echter niet in alle gevallen. Als de berm langs de oever te smal is of als er obstakels staan zoals bouwwerken geldt de ontvangstplicht niet. Echter kan de ontvangstplicht dan wel gelden voor gronden die gelegen zijn achter de betreffende berm grond aan het water. Hierop is de gedoogplicht in dat geval van toepassing.
 - b. In de praktijk blijft het maaisel in de gemeente Rotterdam maximaal 72 uur op de kant liggen. Dit om overlast te voorkomen en oevers netjes te houden. Door het rottingsproces kunnen namelijk vegetatie gaten ontstaan waardoor andere soorten zoals brandnetels meer kansen krijgen. Bovendien kan het maaisel nog dieren bevatten. Doordat het maaisel minimaal 48 uur op de kant blijft liggen kunnen deze soorten hun weg terugvinden naar het water (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, 2015).

Beschoeiingen vervangen: wet en regelgeving:

Beschoeiingen in beheer bij de gemeente Rotterdam wordt alleen onderhoud aan gepleegd wanneer er zich een potentieel gevaarlijke situatie voordoet. De beschoeiingen die in beheer zijn bij de gemeente bevinden zich in de overige watergangen gelegen in openbaar gebied. In de hoofdwatergangen is de beheerder het waterschap (Gemeente Rotterdam, 2015).

Indien de gemeente perceel eigenaar is langs de watergang draagt de gemeente zorg voor de constructie. Een beschoeiing kan een grond kerende constructie zijn, waar het de functie heeft om grond tegen te houden, of het betreft een beschoeiing. Beide opties vallen onder verschillende afdelingen, namelijk de afdeling infrastructuur en de afdeling water (Labrovic-Hoogland, 2019). Dit onderzoek zal zich gaan focussen op de vrijkomende materialen van beschoeiingen, waar de afdeling water over gaat. Dit omdat de beschoeiingen onderhouden worden vanuit de beheer pot van de gemeente voor het oppervlaktewater, waar ook de opdracht vandaan komt.

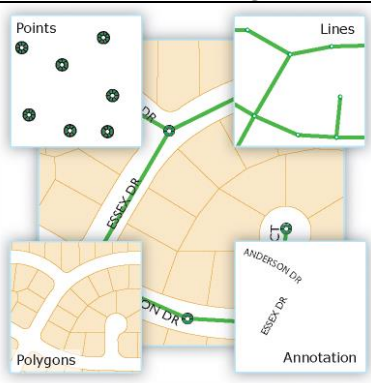
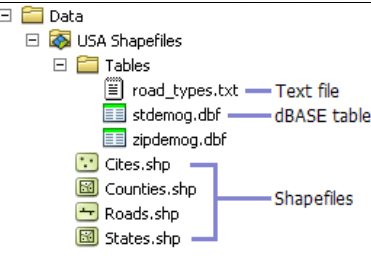
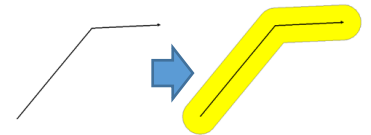
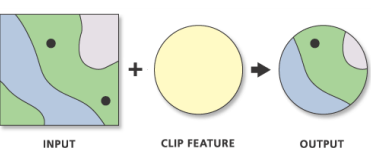
Vrijkomend maaisel, bladeren en beschoeiingen:

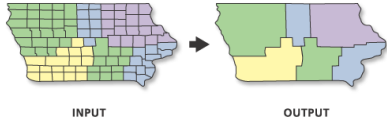
Voor deze materialen geldt dat ze vervallen aan de aannemer zodra ze vrijkomen tijdens het onderhoud. De gemeente moet hiervoor betalen, maar de aannemer kan het ook weer geld opleveren. Zo wordt er van het vrijkomend groen compost gemaakt, net zoals dat gebeurt van de vrijkomende bladeren. Echter zit het blad ook veel tussen de bagger waardoor het als bagger tevens verwerkt kan worden. De analyse naar de vrijkomende materialen van het maaisel, de bladeren en beschoeiingen zal uitgebreider toegelicht worden in het hoofdonderzoek omdat het nog wachten is op aannemers totdat er cijfers opgestuurd worden. Uit deze informatie kan wel geconcludeerd worden dat de materialen die vervallen aan de aannemer een makkelijke oplossing is, gezien het feit dat deze materialen ook als potentiële grondstof kunnen dienen, wat de gemeente geld zou kunnen opleveren. Hier liggen kansen om te materialen zelf als gemeente her te gebruiken waardoor gemeenschapsgeld beter besteed kan worden.

Bijlage 3: Toelichting analyses hoeveelheden en eigenschappen

In deze bijlage wordt toelichting gegeven op de analyses die gebruikt zijn om antwoord te kunnen geven op deelvraag 2 in paragraaf 2.2. Het gaat om analyses die uitgevoerd zijn in ArcGIS en waar vervolgens gegevens van verwerkt zijn in Excel. Om duidelijkheid te geven wat er met bepaalde termen bedoeld wordt is hieronder een begrippenlijst uitgewerkt voor termen en tools (gereedschappen) die in GIS gebruikt zijn.

3.1 GIS-tools begrippenlijst

Begrip:	Voorbeeld afbeelding:	Definitie:																																																
Feature class		Een feature class is een homogene collectie van dezelfde features. Zoals in het plaatje links hiervan te zien is zijn er verschillende features classes te onderscheiden: punten, lijnen, polygonen en aantekeningen (annotation). Dit zijn verschillende typen manieren om geografische informatie op te slaan en weer te geven.																																																
Shapefile		Een shapefile is de naam van het bestand hoe de geografische informatie van een feature class wordt opgeslagen. In het voorbeeld links zijn de verschillende feature classes te zien: punten (cities), polygonen (counties & states) en lijnen (roads).																																																
Attribuut-informatie in een attributentabel	<table border="1"><thead><tr><th>OBJECTID *</th><th>VAKCODE 1</th><th>FREQUENCY</th><th>SUM Shape Area</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>ALE1</td><td>35</td><td>42559,523436</td></tr><tr><td>2</td><td>ALE2</td><td>32</td><td>73142,881002</td></tr><tr><td>3</td><td>ALE3</td><td>24</td><td>137761,117091</td></tr><tr><td>4</td><td>ALE4</td><td>26</td><td>47935,225957</td></tr><tr><td>5</td><td>ALE5</td><td>20</td><td>73205,402702</td></tr><tr><td>6</td><td>ALE6</td><td>35</td><td>162097,85293</td></tr><tr><td>7</td><td>ALE7</td><td>29</td><td>84601,490145</td></tr><tr><td>8</td><td>ALE8</td><td>19</td><td>56029,970476</td></tr><tr><td>9</td><td>ALE9</td><td>4</td><td>11964,637566</td></tr><tr><td>10</td><td>CEN1</td><td>7</td><td>27314,500137</td></tr><tr><td>11</td><td>CHA1</td><td>32</td><td>58798,531492</td></tr></tbody></table>	OBJECTID *	VAKCODE 1	FREQUENCY	SUM Shape Area	1	ALE1	35	42559,523436	2	ALE2	32	73142,881002	3	ALE3	24	137761,117091	4	ALE4	26	47935,225957	5	ALE5	20	73205,402702	6	ALE6	35	162097,85293	7	ALE7	29	84601,490145	8	ALE8	19	56029,970476	9	ALE9	4	11964,637566	10	CEN1	7	27314,500137	11	CHA1	32	58798,531492	Achter geografische informatie zit vastgekoppelde informatie in een tabel. Achter een polygoon watergang zit bijvoorbeeld het oppervlak van de watergang vastgelegd, zoals te zien in de afbeelding links hiervan.
OBJECTID *	VAKCODE 1	FREQUENCY	SUM Shape Area																																															
1	ALE1	35	42559,523436																																															
2	ALE2	32	73142,881002																																															
3	ALE3	24	137761,117091																																															
4	ALE4	26	47935,225957																																															
5	ALE5	20	73205,402702																																															
6	ALE6	35	162097,85293																																															
7	ALE7	29	84601,490145																																															
8	ALE8	19	56029,970476																																															
9	ALE9	4	11964,637566																																															
10	CEN1	7	27314,500137																																															
11	CHA1	32	58798,531492																																															
Buffer		De buffer tool is ervoor bedoeld om een polygoon buffer te creëren rondom een feature class. In het voorbeeld links is te zien dat er een buffer wordt gemaakt rondom een lijn feature. De buffer kan ingesteld worden op een gespecificeerde afstand.																																																
Clip		Het uittrekken van een bepaald gedeelte van een input feature wat overlapt met de te clippen features. Zoals te zien in het voorbeeld links wordt er een ronde polygon over verschillende polygonen heen gelegd. Alles wat in dit ronde																																																

		gebied valt wordt meegenomen als output.
<i>Dissolve</i>		Hier worden features samengevoegd gebaseerd op gespecificeerde overeenkomende attribuut informatie.
<i>Spatial join</i>		Voegt attribuut informatie samen van de ene feature naar de andere feature gebaseerd op dezelfde ruimtelijke overeenkomst.

3.2 Interpoleren waterbodempkwaliteiten in GIS:

In het watergangen bestand van de gemeente missen verschillende waterbodempkwaliteit gegevens.

- Waterbodempkwaliteit voor de toepassing op land met de klassen:
 - o Natuur (schoon)
 - o Landbouw (zeer licht verontreinigd)
 - o Wonen (licht verontreinigd)
 - o Industrie (Matig verontreinigd)
 - o Verontreinigd (sterk verontreinigd)

Om te kunnen rekenen in GIS met deze klassen wordt de volgende methodiek aangehouden:

- Waterbodempkwaliteit voor toepassing op land wordt in GIS aangeduid als 'Kwaliteit_land' (Sundermeijer, 2019):
 - o 0 = Natuur (schoon)
 - o 1 = Landbouw (zeer licht verontreinigd)
 - o 2 = Wonen (licht verontreinigd)
 - o 3 = Industrie (Matig verontreinigd)
 - o 4 = Verontreinigd (sterk verontreinigd)

Na het samenvoegen van de aangeleverde waterbodempkwaliteitsgegevens van de waterschappen Hollandse Delta en Hoogheemraadschap van Delfland, alsmede de gegevens van de gemeente missen er nog steeds gegevens. Dit komt deels omdat de waterbodempkwaliteit gegevens niet up to date zijn in de database. De gegevens staan echter wel in de waterbodempkwaliteit rapporten. Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard laat de waterbodempkwaliteitsgegevens onderzoeken door de gemeente Rotterdam. De gegevens van de watergangen van Schieland en de Krimpenerwaard zitten dus binnen de data van de gemeente Rotterdam.

In onderstaand figuur 21 is te zien dat er waterbodembodemkwaliteit gegevens missen. Door de "Null" waarden te selecteren, zoals te zien in figuur 21, kunnen de "Null" waarden vervangen worden door geïnterpoleerde waarden. Deze waarden zijn verkregen op basis van de bekende waarden in figuur 21. In dit gedeelte van de bijlage zal toegelicht worden hoe de interpolatie in zijn werk is gegaan.

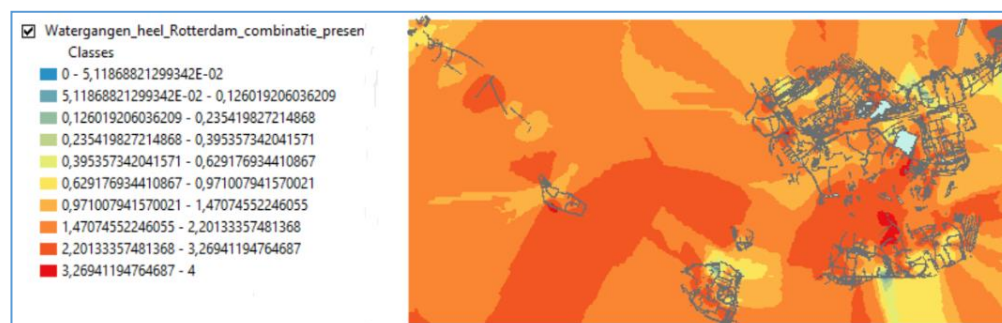
Watergangen_WABO	
Kwaliteit land	Kwaliteit AB
<Null>	<Null>
<Null>	<Null>
<Null>	<Null>
1	2
2	2
<Null>	<Null>
1	2
2	<Null>
<Null>	<Null>
<Null>	<Null>

Figuur 22: Missende gegevens.

Watergangen_kwaliteit_interpolatie	
Interpolatie land	Interpolatie AB
3	2
3	2
3	2
3	2
3	2
3	2
1	2
1	2
3	2
3	2
3	2

Figuur 21: Geïnterpoleerde gegevens.

In GIS kan een raster bestand gecreëerd worden aan de hand van bekende waarden. Een raster bestand is een matrix aan cellen (pixels) die allemaal een verschillende waarde hebben op basis van de waarden in figuur 21. Het raster bestand kan dan als het ware onder het watergangen bestand gelegd worden waarna de gegevens via de "Spatial Join" tool kunnen worden toegevoegd aan het watergangen bestand. Het resultaat is bovenstaand figuur 22. In figuur 23 is een voorbeeld te zien van het geïnterpoleerde raster bestand.



Figuur 23: Raster bestand.

De stappen die genomen zijn om de geïnterpoleerde waarden te creëren zijn als volgt:

- "IDW (Geostatistical Analyst tool)"² is gebruikt om een raster bestand te maken door de reeds bekende waterbodembodemkwaliteiten te gebruiken.
- De "GA layer to contour tool" is gebruikt om van het rasterbestand een bruikbare vector polygon shape te maken. Dit ziet er als volgt uit:

In bovenstaand figuur 23 is het interpolatie bestand te zien voor Kwaliteit_land. Zoals rechts te zien in de agenda heeft elke kleur weer een andere waarde. Alle waarden van 0 – 4 worden voorspeld op basis van het principe dat een in de buurt gelegen waarde meer kans heeft om de onbekende te bepalen.

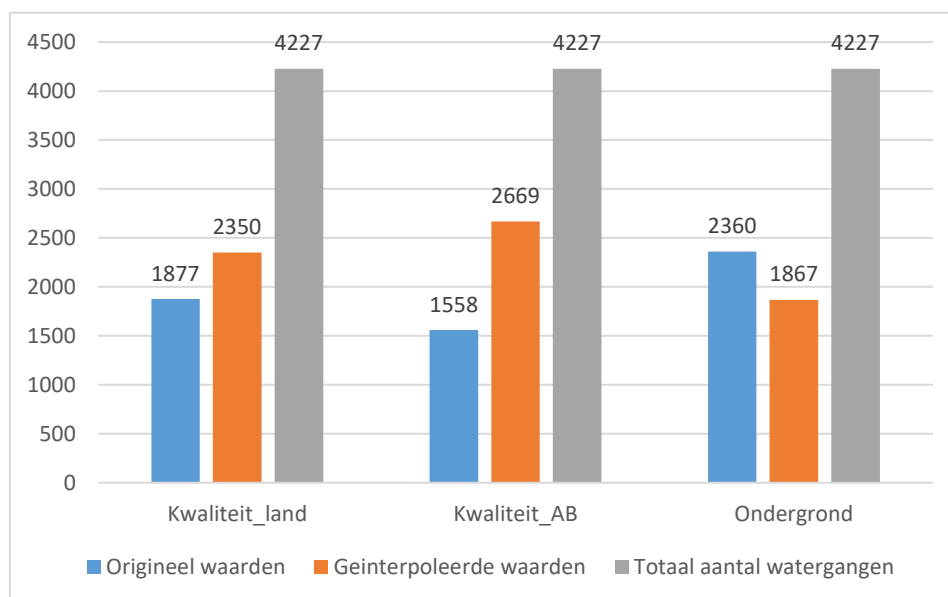
² De "IDW tool" kan alleen gebruikt worden indien men beschikt over een ArcGIS advanced licentie. Hetzelfde geldt voor de "GA layer to contour tool". Voor het model heeft dit geen invloed omdat de bestanden al verwerkt zitten in het model.

De geïnterpoleerde waarden van de vector polygon shape zijn doormiddel van een “spatial join” toegevoegd aan de watergangen van Rotterdam. Deze shape is opgeslagen onder de naam ‘**Watergangen kwaliteit interpolatie**’. De onbekende “Null” waarden zijn vervolgens vervangen door de interpolatie waarden. Op die manier ontstaat er een database met geïnterpoleerde waterbodempkwaliteiten.

De verdeling wat betreft originele en geïnterpoleerde waarden voor de waterbodempkwaliteiten in het watergangen bestand (in totaal 4227 watergangen) zijn als volgt (zie grafiek 10). Per watergang is er 1 kwaliteit of bodemsoort bekend.

- Kwaliteit_land (Kwaliteit baggerspecie voor de toepassing op land):
 - o Originele waarden: 1877
 - o Geïnterpoleerde waarden: 2350
- Kwaliteit_AB (kwaliteit baggerspecie voor de toepassing onderwater):
 - o Originele waarden: 1558
 - o Geïnterpoleerde waarden: 2669
- Bodemsoorten van de watergangen:
 - o Originele waarden: 2360
 - o Geïnterpoleerde waarden: 1867

Grafiek 10: Originele en geïnterpoleerde waarden in de watergangen database.

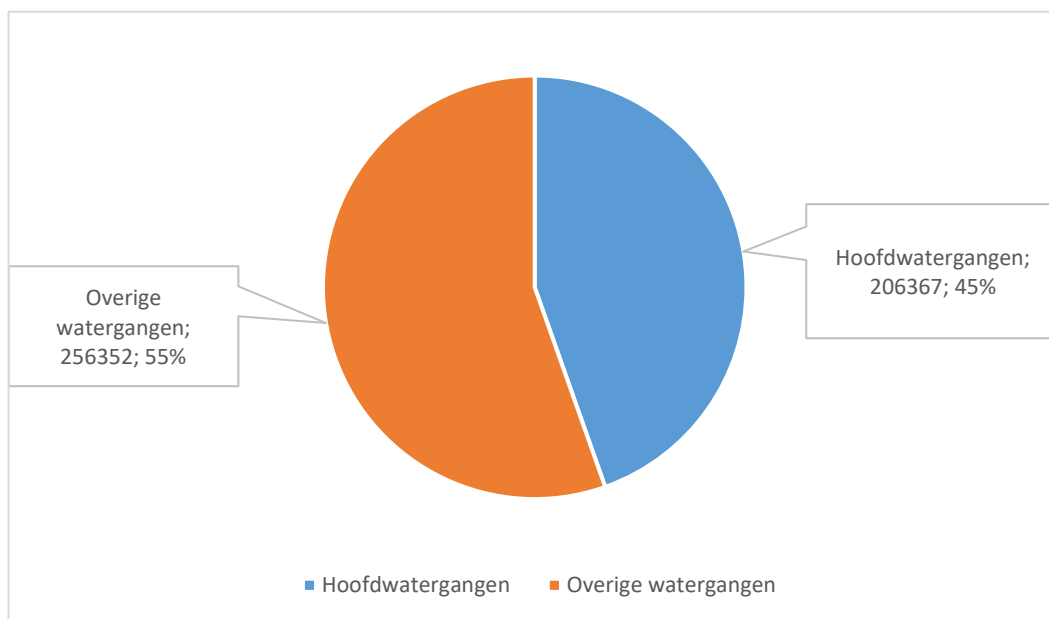


de uitkomsten van deze interpolatiemethoden zijn verwerkt in een database. Deze database is vervolgens verwerkt in het ArcGIS-model. De handleiding voor het ArcGIS-model is te zien in bijlage 6, alsmede verdere toelichting op het model. De resultaten van het model zullen in bijlage 3.3 toegelicht worden.

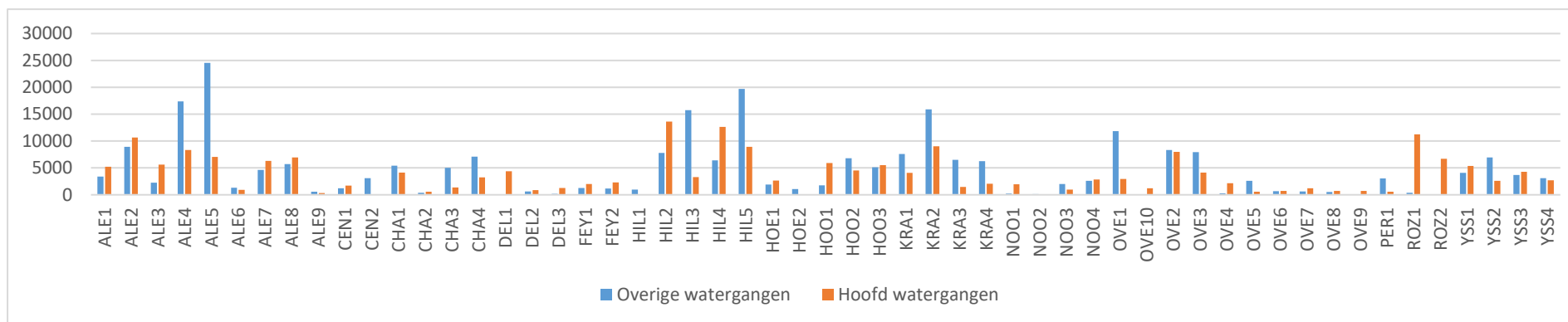
3.3 Eigenschappen en hoeveelheden van de vrijkomende baggerspecie

Wanneer alle watergangen gebaggerd worden komt er 462.719 m³ baggerspecie vrij over een 10-jarige baggercyclus. De verdeling van de baggerspecie voor de hoofd en overige watergangen is te zien in grafiek 11, de verdeling aan baggerspecie per schouwvak is te zien in grafiek 12 en de verdelingen van de kwaliteiten van de baggerspecie voor de toepassing op land is te zien in de grafieken 13 en 14.

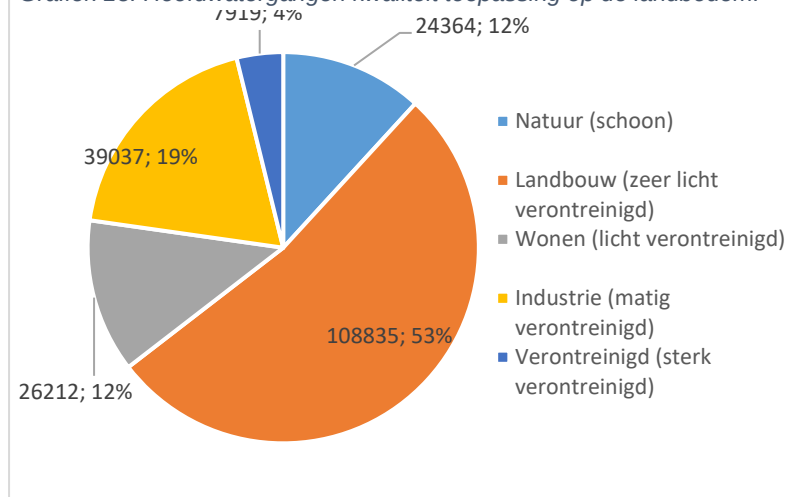
Grafiek 11: Vrijkomende baggerspecie verdeling voor de hoofd en overige watergangen.



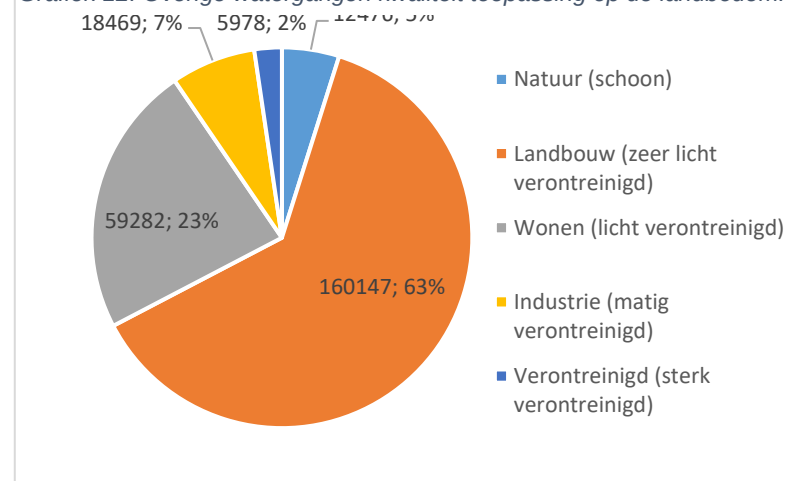
Grafiek 14: Vrijkomende hoeveelheid baggerspecie per schouwvak.



Grafiek 13: Hoofdwatervangsten kwaliteit toepassing op de landbodem.



Grafiek 12: Overige watervangsten kwaliteit toepassing op de landbodem.



3.4 Eigenschappen en hoeveelheden bodemsoorten baggerspecie

De bodemsoorten zijn in deze bijlage per baggerspecie kwaliteit in relatie tot de vrijkomende hoeveelheid in kuub weergegeven in de tabellen 26 en 27. In tabel 28 en in grafiek 15 is een overzicht te zien van de resultaten uit de tabellen 26 en 27.

Tabel 26: Bodemsoorten en hun bijbehorende kwaliteiten in de hoofdwatgangen

Bodemnummer:	Bodemsoort:	Waterbodembodemkwaliteit toepassing op land (Kwaliteit_land):	Hoeveelheid vrijkomende baggerspecie in m ³ :
1	Zand	Natuur (schoon)	6742
2	Klei	Natuur (schoon)	6679
3	Veen	Natuur (schoon)	10943
1	Zand	Landbouw (zeer licht verontreinigd)	20528
2	Klei	Landbouw (zeer licht verontreinigd)	7634
3	Veen	Landbouw (zeer licht verontreinigd)	80672
1	Zand	Wonen (licht verontreinigd)	5502
2	Klei	Wonen (licht verontreinigd)	1459
3	Veen	Wonen (licht verontreinigd)	19251
1	Zand	Industrie (matig verontreinigd)	14495
2	Klei	Industrie (matig verontreinigd)	14652
3	Veen	Industrie (matig verontreinigd)	9891
1	Zand	Verontreinigd (sterk verontreinigd)	2754
2	Klei	Verontreinigd (sterk verontreinigd)	3732
3	Veen	Verontreinigd (sterk verontreinigd)	1432
Totaal:			206367

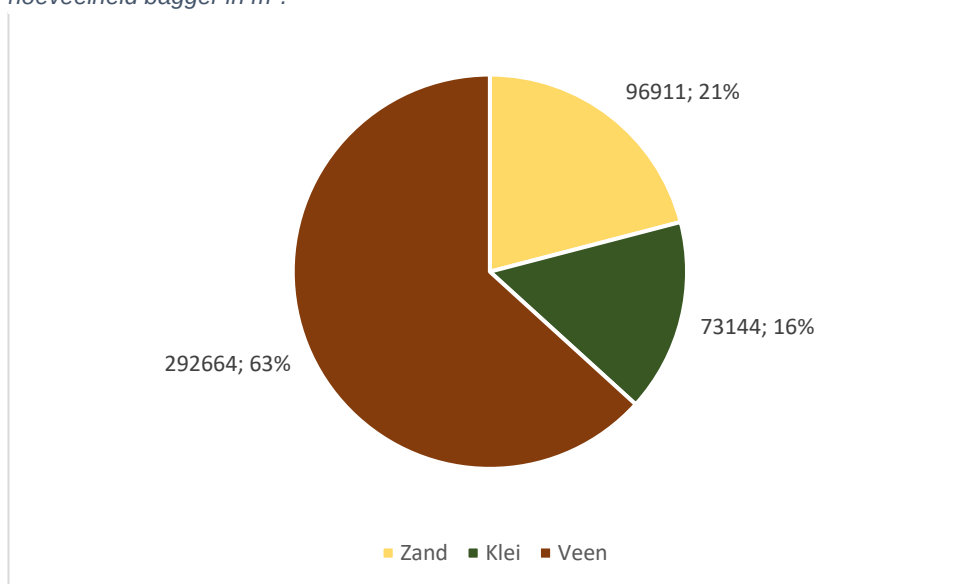
Tabel 27: Bodemsoorten en hun bijbehorende kwaliteiten in de overige watergangen

Bodemnummer:	Bodemsoort:	Waterbodembodemkwaliteit toepassing op land (Kwaliteit_land):	Hoeveelheid vrijkomende baggerspecie in m³:
1	Zand	Natuur (schoon)	645
2	Klei	Natuur (schoon)	3453
3	Veen	Natuur (schoon)	8378
1	Zand	Landbouw (zeer licht verontreinigd)	25143
2	Klei	Landbouw (zeer licht verontreinigd)	18316
3	Veen	Landbouw (zeer licht verontreinigd)	116688
1	Zand	Wonen (licht verontreinigd)	11921
2	Klei	Wonen (licht verontreinigd)	13754
3	Veen	Wonen (licht verontreinigd)	33607
1	Zand	Industrie (matig verontreinigd)	7256
2	Klei	Industrie (matig verontreinigd)	2175
3	Veen	Industrie (matig verontreinigd)	9037
1	Zand	Verontreinigd (sterk verontreinigd)	1924
2	Klei	Verontreinigd (sterk verontreinigd)	1289
3	Veen	Verontreinigd (sterk verontreinigd)	2766
Totaal:			256352

Tabel 28: Totaal overzicht aan bodemsoorten in relatie tot de vrijkomende bagger hoeveelheid.

Type watergang:	Bodemnummer:	Bodemsoort:	Hoeveelheid vrijkomende baggerspecie in m ³ :
Hoofdwatergangen	1	Zand	50022
	2	Klei	34157
	3	Veen	122188
Overige watergangen	1	Zand	46889
	2	Klei	38987
	3	Veen	170476
Totaal:	1	Zand	96911
	2	Klei	73144
	3	Veen	292664

Grafiek 15: Verdeling bodemsoorten in de watergangen in relatie tot de vrijkomende hoeveelheid bagger in m³.



3.5 Analyse vrijkomende maaisel in de gemeente Rotterdam

Na aannemers benaderd te hebben zijn er drie aannemers teruggekomen met gegevens. De aannemers zijn onderverdeeld over de stad per perceel. Binnen een perceel kunnen meerdere gebieden vallen, zoals te zien is in tabel 30. In tabel 29 is uitgewerkt van welke aannemers data is ontvangen. Omdat aannemer Kraaijeveld afweek ten opzichte van de rest van de aannemers is Kraaijeveld niet meegenomen in de analyse.

Tabel 29: gegevens aannemers

Aannemer:	Percelen:	Gebieden:	Type onderhoud (bestek):	Vrijkomende materialen organisch op jaarbasis:	Vrijkomende materialen anorganisch op jaar basis:
<i>Punt</i>	1 & 3	Prins Alexander, Kralingen, Crooswijk, noord, centrum, Delfshaven	Groen en de watergangen	835 ton voor heel het gebied	Geen gegevens
<i>Megron</i>	2	Hilligersberg-Schiebroek	Watergangen	367 ton voor heel het gebied	10 ton voor heel het gebied
<i>Kraaijeveld</i>	Perceel zuid west 1	Charlois en Rozenburg	Groen en watergangen	2,5 ton per are	Geen gegevens

Tabel 30: perceel verdelingen bestekken periodiek onderhoud groen & water

Perceel verdelingen bestekken:	Gebieden:
<i>Perceel 1</i>	Prins Alexander
<i>Perceel 2</i>	Hilligersberg – Schiebroek
<i>Perceel 3</i>	Kralingen Crooswijk, noord, centrum, Delfshaven
<i>Perceel zuidoost</i>	Feyenoord en IJsselmonde
<i>Perceel zuidwest 1</i>	Charlois en Rozenbrug
<i>Perceel zuidwest 2</i>	Hoogvliet, Pernis en Hoek van Holland

Om een inschatting te maken voor de resterende percelen wat betreft vrijkomende materialen, zal opnieuw via GIS een analyse uitgevoerd gaan worden. In de basisregistratie grootschalige topografie (BGT) staan alle groene oppervlakken geregistreerd. Er kan hierbinnen een selectie gemaakt worden door alleen de gemeente als bronhouder te kiezen. Op die manier worden alle groene openbare gras oppervlakken geselecteerd in beheer bij de gemeente. Na bovenstaande gegevens geselecteerd te hebben is per perceel gekeken hoeveel oppervlak aan groen erbinnen dat perceel ligt. Hetzelfde is gedaan per perceel voor de oppervlakten aan watergangen. De gegevens zijn vervolgens samengevat per wijk in tabellen 31, 32 en 33.

Aan de hand van de gegevens in tabel 29 is gekeken hoeveel materiaal er vrijkomt per m² voor de gebieden van Megron en Punt. De hoeveelheid vrijkomend materiaal per m² van Megron is vermenigvuldigd met de oppervlakte van de overige en hoofd watergangen binnen het perceel van Megron. Voor de vrijkomende hoeveelheid van Punt is eerst berekend wat het oppervlak is van de watergangen en het groen binnen het perceel van punt. Vervolgens is de 835 ton hierover verdeeld en uitgerekend wat er per m² vrijkomt.

Aan de hand van bovenstaande methode zijn de volgende formules gebruikt.

Formule vrijkomend groen droog voor aannemer Punt:

$$\text{Aantal ton vrijkomend groen per m}^2 = \frac{835}{((\text{oppervlak in groen percelen 1\&3 in m}^2 + \text{oppervlak watergang percelen 1\&3 in m}^2) \times \text{oppervlak groen percelen 1\&3 in m}^2)}$$

Formule vrijkomend groen nat (uit de watergangen) voor aannemer Megron:

$$\text{Aantal ton vrijkomend groen per m}^2 \text{ uit de watergangen} = \frac{367}{\text{oppervlak aan watergang perceel 2 in m}^2}$$

Formule vrijkomend groen nat (uit de watergangen) voor aannemer punt:

$$\text{Aantal ton vrijkomend groen uit de watergangen per m}^2 = \frac{835}{((\text{oppervlak in groen percelen 1\&3 in m}^2 + \text{oppervlak watergang percelen 1\&3 in m}^2) \times \text{oppervlak watergang percelen 1\&3 in m}^2)}$$

Voor de uitkomsten van de watergang formules is vervolgens het gemiddelde berekend, om op die manier Megron en Punt voor de watergangen beide mee te nemen in de berekening.

Formule vrijkomend anorganische materialen uit de watergangen voor aannemer Megron:

$$\text{Aantal ton vrijkomend anorganisch materiaal per m}^2 \text{ watergang} = \frac{10}{\text{oppervlak aan watergang perceel 2 in m}^2}$$

Aan de hand van bovenstaande formules zijn de gegevens in de tabellen 31, 32 en 33 naar voren gekomen.

Tabel 31: Vrijkomende materialen van groene oppervlakten (maaisel) in beheer bij de gemeente en groen vanuit de overige watergangen.

Wijk:	Gemeente groen oppervlak in m2	Vrijkomend groen in ton gemeente Rotterdam	Gemeente overige watergangen in m2	Vrijkomend groen overige watergangen in ton gemeente Rotterdam	Anorganische vrijkomende materialen uit de overige watergangen
Bedrijven-terrein Schieveen	999	0,04	37102	5,57	0,24
Charlois	3487193	151,68	341972	51,38	2,20
Delfshaven	733399	31,90	33282	5,00	0,21
Feijenoord	871753	37,92	180000	27,04	1,16
Hilligersberg-Schiebroek	3179972	138,31	1557944	234,08	10,00
Hoek van Holland	2292033	99,69	60220	9,05	0,39
Hoogvliet	3067233	133,41	234435	35,22	1,50
IJsselmonde	3380085	147,02	247166	37,14	1,59
Kralingen-Crooswijk	3953198	171,95	1466748	220,38	9,41
Nieuw Mathenesse	106615	4,64	0	0	0
Noord	948932	41,27	86270	12,96	0,55
Overschie	4501943	195,81	476072	71,53	3,06
Pernis	567247	24,67	57123	8,58	0,37
Prins Alexander	4107406	178,65	868158	130,44	5,57
Rivium	50769	2,21	16178	2,43	0,10
Rotterdam-Noord-West	78726	3,42	0	0,00	0,00
Rotterdam Centrum	534795	23,26	127718	19,19	0,82
Rozenburg	2019536	87,84	20259	3,04	0,13
Spaanse Polder	169246	7,36	123812	18,60	0,79
Totaal vrijkomende materialen gemeente in ton:	34051078	1481	5934460	892	38

Tabel 32: Vrijkomende materialen van het maaien en krozen van de hoofdwatgangen (waterschap ontvangstplicht).

Wijk:	Waterschap hoofd watgangen in m2	Vrijkomend groen hoofdwatgangen in ton waterschap (ontvangstplicht)	Anorganische vrijkomende materialen uit de hoofdwatgangen (ontvangstplicht)
Bedrijven- terrein Schieveen	0	0,00	0,00
Charlois	182126	27,36	1,17
Delfshaven	175154	26,32	1,12
Feijenoord	50095	7,53	0,32
Hilligersberg- Schiebroek	507076	76,19	3,25
Hoek van Holland	120832	18,15	0,78
Hoogvliet	182054	27,35	1,17
Ijsselmonde	170822	25,67	1,10
Kralingen- Crooswijk	189115	28,41	1,21
Nieuw Mathenesse	0	0	0
Noord	271094	40,73	1,74
Overschie	593670	89,20	3,81
Pernis	10692	1,61	0,07
Prins Alexander	590987	88,80	3,79
Rivium	0	0,00	0,00
Rotterdam- Noord-West	30956	4,65	0,20
Rotterdam Centrum	133389	20,04	0,86
Rozenburg	102569	15,41	0,66
Spaanse Polder	27625	4,15	0,18
Totaal vrijkomende materialen gemeente in ton:	3338255	502	21

Tabel 33: Totaal aan vrijkomende groene materialen (maaisel)

Soort gebied:	Groen	Watergangen	Totaal:
<i>Oppervlakten totaal in hectare:</i>	3405	927	4332
<i>Totaal vrijkomend groen materiaal (organisch) in tonnen</i>	1481	1394	2875
<i>Totaal vrijgekomen anorganisch materiaal uit de watergangen in tonnen:</i>	Nvt	59	59

3.6 Analyse vrijkomende bladeren in de gemeente Rotterdam:

Op jaarbasis komt er 2850 ton bladafval vrij in de gemeente. Dit cijfer is gebaseerd op 400 ton bladeren voor Overschie en Hilligersberg-Schiebroek samen (Sundermeijer, 2019).

Vervolgens is er gekeken naar hoeveel bomen er in die wijken staan. Dat aantal bomen is bij elkaar opgeteld. Vervolgens is de 400 ton gedeeld door het aantal bomen gedaan. Hierdoor wordt duidelijk hoeveel ton blad afval een boom per jaar produceert. Hierbij moet opgemerkt worden dat niet is gekeken naar het type boom of de grootte van de boom. De resultaten zijn te zien in tabel 34.

Berekening:

- Aantal bomen Overschie: 11676
- Aantal bomen Hilligersberg-Schiebroek: 13696
- Totaalaantal bomen: 25372
- $\text{Hoeveelheid vrijkomend blad in ton per boom} = \frac{400}{25372}$
- Het antwoord is 0,015765411ton per jaar per boom aan bladafval (ongeveer 16kg).

Tabel 34: Hoeveelheid vrijkomend blad per wijk in de gemeente Rotterdam.

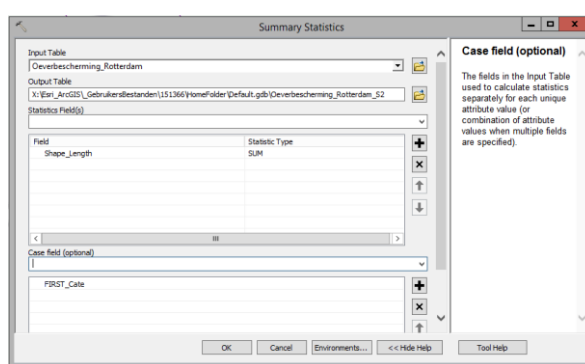
Wijken:	Aantal bomen per wijk:	Vrijkomend blad op jaarbasis per boom in ton:	Aantal ton bladeren per jaar per wijk:
Bedrijventerrein	0	0,00000	0
Schieveen			
Charlois	19603	0,01577	309
Delfshaven	10779	0,01577	170
Feijenoord	12285	0,01577	194
Hilligersberg-Schiebroek	13696	0,01577	216
Hoek van Holland	5152	0,01577	81
Hoogvliet	12170	0,01577	192
IJsselmonde	16469	0,01577	260
Kralingen-Crooswijk	17088	0,01577	269
Nieuw Mathenesse	169	0,01577	3
Noord	9147	0,01577	144
Overschie	11676	0,01577	184
Pernis	1682	0,01577	27
Prins Alexander	31737	0,01577	500
Rivium	95	0,01577	1
Rotterdam-Noord-West	1446	0,01577	23
Rotterdam Centrum	8847	0,01577	139
Rozenburg	7697	0,01577	121
Spaanse Polder	1055	0,01577	17
Totaal:	180793		2850

3.7 Inventarisatie beschoeiingsmaterialen

Om te kunnen bepalen wat er vrijkomt met betrekking tot de beschoeiing materialen is er een GIS-analyse uitgevoerd aan de hand van de database van de gemeente Rotterdam. Deze database is recent vernieuwd (Boer, 2019). Beschoeiingen worden niet preventief vervangen. Wanneer zich een potentieel gevaarlijke situatie voordoet wordt wel ingegrepen. In dat geval zouden er materialen vrijkomen. Omdat niet in te schatten is hoeveel materiaal er op jaarbasis vrijkomt omdat een vervanging niet constant is zal puur gekeken worden naar de materiaaleigenschappen en hoe deze materialen, indien er vervanging plaatsvindt hergebruikt kunnen worden.

Vanuit de GIS-database van de beschoeiingen is aan de hand van de "Summary Statistics" tool gekeken hoeveel meter beschoeiing er geplaatst is per materiaal. De lengte van de shape wordt de som van genomen per materiaal van de beschoeiingen. Dit gebeurt in de figuren 24, 25 en 26. De resultaten zijn in grafiek 16 te zien.

FIRST_Cate	Shape Length	FYSIEKVKPL
Hout	46,826375	bosplantsoen
Beton	46,828698	bosplantsoen
Hout	49,659616	bosplantsoen
Beton	50,172431	bosplantsoen
Hout	49,775471	bosplantsoen
Beton	50,185836	bosplantsoen
Hout	50,180086	bosplantsoen
Beton	50,36701	bosplantsoen
Hout	49,952816	bosplantsoen
Beton	50,009324	bosplantsoen



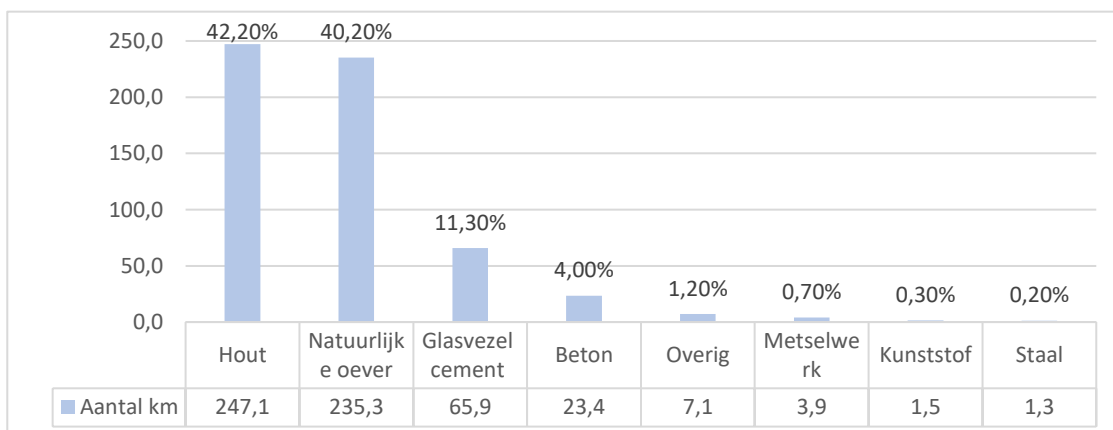
Figuur 24: Beschoeiingsmaterialen in GIS.

Figuur 25: Summary statistics tool.

OBJECTID *	FIRST_Cate	FREQUENCY	SUM Shape Length
1	Beton	416	18830,932634
2	Glasvezelcement	1120	50826,757069
3	Hout	4056	192614,961405
4	Kunststof	23	1204,592408
5	Metselwerk	75	3861,547208
6	Natuurlijke oever	2813	132713,616083
7	Overig	101	4928,096318
8	Staal	25	1234,468536

Figuur 26: Som van de lengte aan beschoeiingen materialen berekend aan de hand van de summary statistics tool.

Grafiek 16: Areaal aan beschoeiingsmaterialen.



Bijlage 4: Toelichting Multi Criteria Analyses

Binnen een Multi criteria analyse kan er gekozen worden voor verschillende manieren om te standaardiseren. In dit rapport wordt voor de maximumstandaardisatie gekozen wat betekent dat de score gedeeld wordt door de hoogste waarde. De hoogste waarde is de waarde van alle toepassingen die het hoogste is voor 1 criterium. Als gevolg liggen de waarden tussen de 0 en de 1. Bij een batencriterium heeft de 1 de hoogste score. Bij een kosten criterium is de 1 de laagste score. Deze methode wordt toegepast indien er een natuurlijk nulpunt bestaat. Dit is het geval bij bijvoorbeeld kosten of afstand. Op deze manier kunnen er verhoudingen bepaald worden tussen verschillende maten. De waarden zijn dus proportioneel aan de originele scores, waardoor bijvoorbeeld geldt als iets twee keer zo duur is, dat iets dan ook wel twee keer zo erg zou zijn (Reinshagen, 2007). Voor dit principe gelden onderstaande formules:

Verschillende vormen van eenheden:

Toelichting eenheid --/++

Voor criteria waar geen getallen aan gekoppeld kunnen worden is de --/++ eenheid van toepassing. Hieronder wordt toegelicht wat dit inhoudt:

++	=	Zeer positieve invloed
+	=	Matig positieve invloed
-	=	Matig negatieve invloed
--	=	Zeer negatieve invloed

Kosten en baten eenheden:

$$\text{Batencriterium} = \frac{\text{score}}{\text{hoogste score}}$$

$$\text{kostencriterium} = 1 - \frac{\text{score}}{\text{hoogste score}}$$

Alles waar kosten / baten staan aangegeven zijn bovenstaande formules gebruikt om de waarden uit te rekenen. De gewichten zijn toegekend door te vermenigvuldigen met de waarden.

Op de volgende pagina's zal er per categorie toegelicht worden waarom er voor welk gewicht gekozen is en waarom er voor welke waarde is gekozen.

4.1 Toelichting MCA-baggerspecie

Aan de hand van interviews zijn de criteria en de gewichten bepaald van de MCA. In tabel 35 zijn de criteria en de gewichten te zien met een toelichting. Voor elk criterium is per toepassing de score bepaald aan de hand van gesprekken en documenten. Deze scores zijn vervolgens weer afgestemd (Labrovic-Hoogland, 2019).

De MCA-probleemanalyse is te zien in tabel 36, in tabel 37 is de gestandaardiseerde versie te zien en in tabel 38 is de gestandaardiseerde versie met toegekende gewichten te zien.

In de tabellen 39 tot en met 48 is per criteria toegelicht hoe de scores en de gewichten tot stand zijn gekomen.

Tabel 35: Gewichten voor de MCA baggeren

Categorie	Criteria	Gewicht	Toelichting
<i>Milieu</i>	Flora en fauna	0,15	De mate waarin de toepassing kansen biedt voor het bodemleven wat meegekomen is in de baggerspecie om de weg terug te vinden naar de watergang.
	Afstand	0,05	De afstand voor transport van het vrijkomende materiaal.
	CO ₂ uitstoot door transport	0,10	Uitstoot van CO ₂ door het transporteren van het vrijkomende materiaal.
<i>Omgeving</i>	Omgevingsoverlast	0,10	De mate waarvan de omgeving overlast ondervindt door de toepassing.
	Omgevingsbaten	0,10	De mate waarvan er sprake is van positieve effecten van de toepassing voor de omgeving.
<i>Bewustheid</i>	Duurzaamheid	0,10	De mate van duurzame effecten van de toepassing en duurzaamheid van het concept.
	Circulariteit	0,10	De mate van hoe circulair de toepassing is.
<i>Kosten en baten</i>	Kosten	0,10	De kosten die bij de toepassing komen kijken.
	Besparingen	0,10	De besparing die de toepassing oplevert ten opzichte van de huidige methode.
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	Ruimte voor de maatregel	0,10	De mate van ruimte voor de toepassing in stedelijk gebied.
<i>Totaal:</i>		1,00	

Tabel 36: Baggerspecie MCA-probleemanalyse.

Categorie	Criteria	Kosten/ baten	Eenheid	Bagger op de kant en ontwateren	Teelaarde	Bagger toepassen in oever bescherming	Afvoeren plas van Heenvliet	Ontwateren en afvoeren plas van Heenvliet	Afvoeren Slufter	Ontwateren en afvoeren Slufter
Milieu	Flora en fauna		--/++	++	--	++	--	++	--	++
	Afstand	Kosten	km	0	16,3	0	30,7	7,7	43	10,8
	CO ₂ uitstoot door transport	Kosten	kg CO ₂ /m ³	0,48	2,06	1,43	3,88	0,97	6,92	1,73
Omgeving	Omgevings- overlast		--/++	--	-	--	-	--	-	--
	Omgevings- baten		--/++	++	+	++	--	--	--	--
Bewustheid	Duurzaamheid		--/++	++	+	++	--	--	--	--
	Circulariteit		--/++	++	+	++	--	--	--	--
Kosten	Kosten	Kosten	Euro/ m ³	10,61	7,17	211,37	14,32	10,58	16,18	11,05
	Besparingen	Besparingen	Euro/ m ³	3,71	6,73	125,79	0	3,74	0	5,13
Toepasbaarheid in de stad	Ruimte voor maatregel		--/++	+	-	+	--	--	--	--
Totaal										

Tabel 37: Baggerspecie MCA gestandaardiseerd

<i>Categorie</i>	<i>Criteria</i>	<i>Kosten/ baten</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Bagger op de kant</i>	<i>Teelaarde</i>	<i>Bagger toepassen in oever bescherming</i>	<i>Afvoeren naar plas van Heenvliet</i>	<i>Ontwateren en afvoeren naar plas van Heenvliet</i>	<i>Afvoeren naar de Slufter</i>	<i>Ontwateren en afvoeren naar de Slufter</i>
<i>Milieu</i>	Flora en fauna		--/++	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
	Afstand	Kosten	km	0,00	0,62	0,00	0,29	0,82	0,00	0,75
	CO ₂ uitstoot door transport	Kosten	kg CO ₂ /m ³	0,93	0,70	0,79	0,44	0,86	0,00	0,75
<i>Omgeving</i>	Omgevingsoverlast		--/++	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00
	Omgevingsbaten		--/++	1,00	0,75	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bewustheid</i>	Duurzaamheid		--/++	1,00	0,75	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Circulariteit		--/++	1,00	0,75	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Kosten en besparingen</i>	Kosten	Kosten	Euro/ m ³	0,95	0,97	0,00	0,93	0,95	0,92	0,95
	Besparingen	Baten	Euro / m ³	0,03	0,05	1,00	0,00	0,03	0,00	0,04
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	Ruimte voor maatregel		--/++	0,75	0,25	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Totaal</i>				6,66	5,09	6,54	1,91	3,66	1,17	3,49

Tabel 38: Baggerspecie MCA gestandaardiseerd met toekenning van gewichten

Categorie	Gewicht per categorie	Criteria	Gewicht	Kosten/ baten	Eenheid	Bagger op de kant	Teelaarde	Bagger toepassen in oever bescherming	Afvoeren naar plas van Heenvliet	Ontwateren en afvoeren naar plas van Heenvliet	Afvoeren naar de Slufter	Ontwateren en afvoeren naar de Slufter
Milieu	0,30	Flora en fauna	0,15		--/++	0,15	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,15
		Afstand	0,05	Kosten	km	0,00	0,03	0,00	0,01	0,04	0,00	0,04
		CO ₂ uitstoot door transport	0,10	Kosten	kg CO ₂ /m ³	0,09	0,07	0,08	0,04	0,09	0,00	0,08
Omgeving	0,20	Omgevingsoverlast	0,10		--/++	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00
		Omgevingsbaten	0,10		--/++	0,10	0,08	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Bewustheid	0,20	Duurzaamheid	0,10		--/++	0,10	0,08	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
		Circulariteit	0,10		--/++	0,10	0,08	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Kosten	0,20	Kosten	0,10	Kosten	Euro/ m ³	0,09	0,10	0,00	0,09	0,09	0,09	0,09
		Besparingen	0,10	Baten	Euro/ m ³	0,00	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Toepasbaarheid in de stad	0,10	Ruimte voor maatregel	0,10		--/++	0,08	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaal	1,00		1,00			0,72	0,48	0,70	0,18	0,37	0,12	0,36

Toelichting criteria voor de MCA Baggeren

Tabel 39: Toelichting op de milieu categorie (criteria flora en fauna) voor de MCA baggeren.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Flora en fauna:	Deze categorie heeft 0,15% als gewicht toebedeeld gekregen. Dit komt omdat het belangrijk wordt gevonden dat het leven wat uit het water mee komt met het baggeren de kans moet krijgen om de weg terug te vinden naar de watergang (Unie van waterschappen, 2019). Bepaalde maatregelen zullen deze kans vergroten en andere juist verkleinen. Er mag maar binnen bepaalde periodes gebaggerd worden om de flora en fauna zo min mogelijk tot last te zijn. In de gedragscode van de waterschappen is uitgewerkt hoe hier mee moet worden omgegaan. Meer hierover is te lezen in bijlage 2.	Bagger op de kant	Bij baggerspecie op de kant zetten krijgt het leven dat vanuit het water komt de kans om weer terug de watergang in te gaan (Unie van waterschappen, 2019) doordat de baggerspecie eerst gezeefd wordt voordat het de bandenpers in gaat (Smal, 2019). Daarom wordt hier “++” toegekend.
		Teelaarde	Bij de variant teelaarde wordt de baggerspecie eerst gebracht naar een tijdelijk depot waar het ontwaterd wordt (Groeneveld, 2019). Het leven vanuit de watergang krijgt hier niet de kans om nog de weg terug naar de watergang te vinden (Labrovic-Hoogland, 2019). Vandaar dat hier “-” wordt toegekend.
		Baggerspecie toepassen in oever bescherming	Bij baggerspecie toepassen in oever bescherming wordt de bagger direct lokaal ontwaterd (Waardenburg, 2014). Hier krijg het leven vanuit de watergang de kans om de weg terug naar de watergang te vinden (Unie van waterschappen, 2019). Daarom wordt hier “++” toegekend.
		Afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Wanneer de baggerspecie wordt afgevoerd naar de Plas van Heenvliet krijgt het leven niet de kans om nog zijn weg terug te vinden naar de watergang. De baggerspecie wordt direct afgevoerd (Labrovic-Hoogland, 2019). Vandaar dat hier “--” wordt toegekend.
		Ontwateren en afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Wanneer eerst gezeefd wordt en ontwaterd krijgt het bodemleven beter de kans om zijn weg terug te vinden naar de watergang, net zoals bij de “Bagger op de kant” toepassing. Daarom is hier een “++” toegekend.
		Afvoeren naar de Slufter	Wanneer de baggerspecie wordt afgevoerd naar de Slufter krijgt het leven niet de kans om nog zijn weg terug te vinden naar de watergang. De baggerspecie wordt direct afgevoerd (Labrovic-Hoogland, 2019). Vandaar dat hier “--” wordt toegekend.
		Ontwateren en afvoeren naar de Slufter	Wanneer eerst gezeefd wordt en ontwaterd krijgt het bodemleven beter de kans om zijn weg terug te vinden naar de watergang, net zoals bij de “Bagger op de kant” toepassing. Daarom is hier een “++” toegekend.

Tabel 40: Toelichting op de milieu categorie (criteria afstand) voor de MCA baggeren.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Afstand	Deze categorie heeft 0,05% gewicht gekregen. Dit komt vanwege de relatie met de andere categorieën, maar ook omdat afstand al deels verwerkt is in de volgende categorie CO ₂ uitstoot. Hier gaat afstand in op de moeite die nodig is om de baggerspecie van A naar B te krijgen.	Bagger op de kant	De afstand om de bagger ergens te krijgen is verwaarloosbaar omdat de bagger direct op de aangrenzende oever langs de watergang zal worden geplaatst (Sundermeijer, 2019). Vandaar dat hier 0 kilometer is toegekend.
		Teelaarde	Om de baggerspecie naar het tijdelijk depot bij de A15 – A4 te krijgen moet een afstand afgelegd worden van 16,3 km vanaf het centrum van Rotterdam (Sundermeijer, 2019).
		Baggerspecie toepassen in oever bescherming	De afstand om de baggerspecie ergens te krijgen is verwaarloosbaar omdat de bagger direct op de aangrenzende oever langs de watergang zal worden verwerkt in de oever bescherming (KWS, 2017). Vandaar dat hier 0 kilometer is toegekend.
		Afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Om de baggerspecie af te voeren naar de Plas van Heenvliet moet een afstand afgelegd worden van 30.7 kilometer vanaf het centrum van Rotterdam.
		Ontwateren en afvoeren naar de Plas van Heenvliet	De afstand blijft hetzelfde (30.7 kilometer) echter vindt er een factor 4 volumereductie plaats door ontwatering waardoor minder vaak getransporteerd hoeft te worden (Smal, 2019). Daarom wordt de afstand gedeeld door 4 gedaan. Ten opzichte van de totaal af te voeren hoeveelheid wordt de afstand die afgelegd moet worden immers ook 4x minder. Dus $30,7/4 = 7,7$ kilometer.
		Afvoeren naar de Slufter	Om de baggerspecie af te voeren naar de Slufter moet een afstand afgelegd worden van 43 kilometer vanuit het centrum van Rotterdam.
		Ontwateren en afvoeren naar de Slufter	De afstand blijft hetzelfde (43 kilometer) echter vindt er een factor 4 volumereductie plaats door ontwatering waardoor minder vaak getransporteerd hoeft te worden (Smal, 2019). Daarom wordt de afstand gedeeld door 4 gedaan. Ten opzichte van de totaal af te voeren hoeveelheid wordt de afstand die afgelegd moet worden immers ook 4x minder. Dus $43/4 = 10,8$ kilometer.

Tabel 41: Toelichting op de milieu categorie (criteria CO₂ uitstoot door transport en uitvoering) voor de MCA baggeren.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
CO₂ uitstoot door transport en uitvoering	CO ₂ uitstoot heeft het gewicht 0,10% toebedeeld gekregen. Dit komt omdat in relatie tot de andere categorieën en gewichten CO ₂ belangrijk gevonden wordt. Het is de ambitie van Rotterdam om op verschillende fronten het CO ₂ gebruik te verminderen vanwege milieu-belastende effecten (Gemeente Rotterdam, sd). Bovendien betekent minder CO ₂ in de binnenstad minder fijnstof, wat beter is voor de volksgezondheid.	Bagger op de kant	De CO ₂ uitstoot is verwaarloosbaar voor het transport omdat de bagger direct op de aangrenzende oever wordt geplaatst. Er is wel een generator nodig voor de bandenpers en het zeefproces. Uitgaande van 3 liter diesel per uur (Whisperer power, sd) vollast verbruik en een CO ₂ uitstoot van 3,23 kg CO ₂ / liter diesel (co2emissiefactoren.nl, sd). Met een capaciteit van 20 m ³ /uur (Smal, 2019) betekent dit $(3,23 \times 3)/20 = 0,48$ kg CO ₂ /m ³ .
		Teelaarde	Vanaf het centrum van Rotterdam naar het huidige tijdelijke depot bedraagt de afstand 16,3 km. Met de cijfers van het interview met Pieter Brenner en Henri Groeneveld (bijlage 1) kan de volgende berekening gemaakt worden (Groeneveld, 2019): 38.830 CO ₂ komt er vrij voor 10.000m ³ baggerspecie 30.7 km transporteren. $((38.830/10.000)/30.7)) \times 16,3 = 2,06$ kg CO ₂ /m ³ voor 16,3 km transport.
		Baggerspecie toepassen in oever bescherming	Er is een graafmachine nodig voor het mixen en de bagger in persen plaatsen (KWS, 2017). Deze verbruikt gemiddeld 7.1 liter diesel per uur (bouwmachines.nl, 2012) en heeft een CO ₂ uitstoot van 3,13 kg CO ₂ / liter diesel (co2emissiefactoren.nl, sd). Wanneer wordt uitgegaan van 4 blokken per uur betekent dit $4 \times 4 = 16$ m ³ (zie tabel 42 voor 4m ³) $(3,23 \times 7,1)/16 = 1,43$ kg CO ₂ /m ³ uitstoot.
		Afvoeren naar de Plas van Heenvliet	CO ₂ uitstoot in kg per kuub bagger (Groeneveld, 2019): $38.830/10.000 = 3,88$ kg CO ₂ /m ³ voor 30,7 kilometer.
		Ontwateren en afvoeren naar de Plas van Heenvliet	De afstand blijft hetzelfde (30.7 kilometer) echter vindt er een factor 4 volumereductie plaats door ontwatering waardoor minder vaak getransporteerd hoeft te worden (Smal, 2019). $3,88/4 = 0,97$ kg CO ₂ /m ³
		Afvoeren naar de Slufter	CO ₂ uitstoot in kg per m ³ bagger (Groeneveld, 2019): $((38.830/10.000)/30.7)) \times 43 = 6,92$ kg CO ₂ /m ³ voor 43 kilometer.
		Ontwateren en afvoeren naar de Slufter	De afstand blijft hetzelfde (43 kilometer) echter vindt er een factor 4 volumereductie plaats door ontwatering waardoor minder vaak getransporteerd hoeft te worden (Smal, 2019). $6,92/4 = 1,73$ kg CO ₂ /m ³

Tabel 42: Toelichting op de omgeving categorie (criteria omgevingsoverlast) voor de MCA baggeren.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Omgevings-overlast	De omgeving is belangrijk om de maatregel kans van slagen te doen laten hebben. Wanneer veel buurtbewoners overlast ervaren door de maatregel zullen er meer klachten binnenkomen bij de gemeente. Voor het succes van de maatregel is het van belang dat de overlast tot een minimum beperkt wordt. In relatie tot de andere gewichten en categorieën is daarom hier 0,10% gewicht toegekend.	Bagger op de kant	De oeverlast is negatief. Dit komt omdat bagger op de kant als negatief wordt ervaren (Sundermeijer, 2019). Ook moet de specie ontwaterd worden wat voor overlast kan zorgen vanwege de benodigde apparatuur. Daarom wordt hier “-” toegekend.
		Teelaarde	Voor teelaarde wordt minder overlast ervaren omdat de baggerspecie direct wordt afgevoerd naar een tijdelijk depot. Een tijdelijk depot is over het algemeen niet in de buurt van huizen waardoor de overlast tot een minimum beperkt wordt (Sundermeijer, 2019). Echter is hier wel de overlast van vrachtwagen bewegingen door de stad heen. Vandaar dat hier een “-” is toegekend.
		Baggerspecie toepassen in oever bescherming	Bagger toepassen in oever bescherming zorgt lokaal gezien voor veel overlast. Er is veel apparatuur nodig wat ook geluidshinder kan opleveren (KWS, 2017). Daarom wordt hier “-” toegekend.
		Afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Afvoeren naar de Plas van Heenvliet zorgt voor vrachtwagen bewegingen door de stad heen, maar lokaal wordt er minder overlast ervaren omdat de baggerspecie direct wordt afgevoerd (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier een “-” toegekend.
		Ontwateren en afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Wanneer er eerst ontwaterd wordt hoeft er 4x zo weinig getransporteerd te worden. Dit betekent dat de omgeving minder overlast ervaart van transportbewegingen. Echter de ontwatering installatie veroorzaakt wel overlast (Smal, 2019), daarom is hier een “-” toegekend. Afvoeren naar de Slufter:
		Afvoeren naar de Slufter	Afvoeren naar de Slufter zorgt voor vrachtwagen bewegingen door de stad heen, maar lokaal wordt er minder overlast ervaren omdat de baggerspecie direct wordt afgevoerd (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier een “-” toegekend.
		Ontwateren en afvoeren naar de Slufter	Wanneer er eerst ontwaterd wordt hoeft er 4x zo weinig getransporteerd te worden. Dit betekent dat de omgeving minder overlast ervaart van transportbewegingen. Echter de ontwatering installatie veroorzaakt wel overlast (Smal, 2019), daarom is hier een “-” toegekend.

Tabel 43: Toelichting op de omgeving categorie (criteria omgevingsbaten) voor de MCA baggeren.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Omgevingsbaten	Met bagger op de kant plaatsen kan bodemdaling worden tegengegaan. Bovendien profiteert het groen in de omgeving omdat baggerspecie een hoog gehalte organische stof bevat, wat als bodemverbet eraar fungeert. Op den duur zullen groenengebieden zoals parken en plantsoenen hier beter door presteren. Omdat deze effecten aanzienlijk merkbaar kunnen zijn voor de omgeving is gekozen om hier een gewicht van 0,10% aan toe te kennen.	Bagger op de kant	Door baggerspecie over aanliggende oevers te verspreiden wordt bodemdaling tegengegaan. Er wordt hiermee een natuurlijk proces in stand gehouden waar bodemdaling gecompenseerd wordt door de verspreiding van slib. Bovendien werkt het als bodemverbeteraar voor omliggend groen rondom de watergang (SenterNovem, 2008). Vandaar dat hier gekozen is voor “++”.
		Teelaarde	De omgeving profiteert niet direct mee door de baggerspecie af te voeren naar een andere locatie. Echter wordt wel teelaarde gemaakt wat in de stad weer toegepast zal worden (Groeneveld, 2019). Vandaar dat hier een “+” is toegekend.
		Baggerspecie toepassen in oever bescherming	De omgeving profiteert mee doordat de oever beter beschermd is tegen afkalving (Labrovic-Hoogland, 2019). De beschoeiing is vervangen door geperste baggerblokken. Daarom is hier een “++” toegekend.
		Afvoeren naar de Plas van Heenvliet	De baggerspecie wordt afgevoerd. De omgeving ervaart geen voordelen van de baggerspecie doordat het direct wordt afgevoerd naar een stortlocatie (Labrovic-Hoogland, 2019). Vandaar dat hier “- -” is toegekend.
		Ontwateren en afvoeren naar de Plas van Heenvliet	De baggerspecie wordt afgevoerd. De omgeving ervaart geen voordelen van de baggerspecie doordat het direct wordt afgevoerd naar een stortlocatie (Labrovic-Hoogland, 2019). Vandaar dat hier “- -” is toegekend.
		Afvoeren naar de Slufter	De baggerspecie wordt afgevoerd. De omgeving ervaart geen voordelen van de baggerspecie doordat het direct wordt afgevoerd naar een stortlocatie (Labrovic-Hoogland, 2019). Vandaar dat hier “- -” is toegekend.
		Ontwateren en afvoeren naar de Slufter	De baggerspecie wordt afgevoerd. De omgeving ervaart geen voordelen van de baggerspecie doordat het direct wordt afgevoerd naar een stortlocatie (Labrovic-Hoogland, 2019). Vandaar dat hier “- -” is toegekend.

Tabel 44: Toelichting op de bewustheid categorie (criteria duurzaamheid) voor de MCA baggeren.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Duurzaamheid	Met bagger op de kant plaatsen kan bodemdaling worden tegengegaan. De omgeving profiteert bovendien ook omdat baggerspecie een hoog gehalte organische stof bevat, wat als bodemverbeteraar fungeert. Op den duur zullen groenengebied en zoals parken en plantsoenen hier beter door presteren. Omdat deze effecten aanzienlijk merkbaar kunnen zijn voor de omgeving is gekozen om hier een gewicht van 0,10% aan toe te kennen.	Bagger op de kant	Wanneer baggerspecie op de kant wordt gezet heeft dit een duurzame werking. De bodemdaling wordt namelijk tegengegaan (SenterNovem, 2008). Vandaar dat hier “++” toegekend.
		Teelaarde	Teelaarde kan gemaakt worden met baggerspecie in plaats van met veen. De teelaarde wordt vervolgens ingezet door de stad heen als bodemverbeteraar. Dit is een duurzame oplossing (Groeneveld, 2019). Echter lokaal toepassen en creëren zou het nog duurzamer maken. Vandaar dat hier voor een “+” is gekozen.
		Bagger-specie toepassen in oever bescherming	Wanneer baggerspecie wordt toegepast in oever bescherming door er blokken van te persen wordt oude oever bescherming vervangen. De nieuwe oever bescherming van bagger heeft een levensduur van zo'n 50 jaar, terwijl de oeverbescherming die er eerst lag, meestal van hout, slechts 15 jaar haalt. Dit is zeer duurzaam in vergelijking met het huidige alternatief (KWS, 2017). Vandaar dat hier “++” is toegekend.
		Afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Afvoeren naar de Plas van Heenvliet en daar de baggerspecie storten is niet duurzaam (Labrovic-Hoogland, 2019). Er worden geen nuttige toepassingen gecreëerd. Vandaar dat hier “- -” is toegekend.
		Ontwateren en afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Afvoeren naar de Plas van Heenvliet en daar de baggerspecie storten is niet duurzaam. Er worden geen nuttige toepassingen gecreëerd (Labrovic-Hoogland, 2019). Vandaar dat hier “- -” is toegekend.
		Afvoeren naar de Slufter	Afvoeren naar de Slufter en daar de baggerspecie storten is niet duurzaam. Er worden geen nuttige toepassingen gecreëerd (Labrovic-Hoogland, 2019). Vandaar dat hier “- -” is toegekend.
		Ontwateren en afvoeren naar de Slufter	Afvoeren naar de Slufter en daar de baggerspecie storten is niet duurzaam. Er worden geen nuttige toepassingen gecreëerd (Labrovic-Hoogland, 2019). Vandaar dat hier “- -” is toegekend.

Tabel 45: Toelichting op de bewustheid categorie (criteria circulariteit) voor de MCA baggeren.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Circulariteit	Wanneer er sprake is van een kringloop sluiten is sprake van een circulaire toepassing. Dit is een belangrijke categorie om te toetsen of de maatregel "bewust" is. Vandaar dat hier met oog op de andere categorieën en gewichten is gekozen voor 0,10% gewicht.	Bagger op de kant	Door baggerspecie op de kant te zetten wordt op de oever slib geplaatst. Een eeuwenoud proces van grond ophoging en bodemverbetering wordt op de manier in stand gehouden. Deze toepassing is daarom circulair (SenterNovem, 2008). Vandaar dat hier "++" is toegekend.
		Teelaarde	Er is sprake van recycling. De baggerspecie wordt hergebruikt maar moet hiervoor eerst nog een paar stappen ondergaan, bijvoorbeeld door het te voervoeren naar een locatie om ontwaterd te worden (Groeneveld, 2019). Het is niet lokaal georiënteerd. Vandaar dat hier voor een "+" is gekozen.
		Baggerspecie toepassen in oever bescherming	Door baggerspecie lokaal te ontwateren en toe te passen in over bescherming wordt een continu proces in gang gezet van oever beschermingen maken aan de hand van baggerspecie. Door dit lokaal te doen wordt een circulair proces in stand gehouden (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier voor "++" gekozen.
		Afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Hier is geen sprake van een circulair proces. De baggerspecie wordt afgevoerd naar een stortlocatie en wordt niet op een nuttige manier hergebruikt of opgenomen in een proces (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier voor "- -" gekozen.
		Ontwateren en afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Hier is geen sprake van een circulair proces. De baggerspecie wordt afgevoerd naar een stortlocatie en wordt niet op een nuttige manier hergebruikt of opgenomen in een proces (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier voor "- -" gekozen.
		Afvoeren naar de Slufter	Hier is geen sprake van een circulair proces. De baggerspecie wordt afgevoerd naar een stortlocatie en wordt niet op een nuttige manier hergebruikt of opgenomen in een proces (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier voor "- -" gekozen.
		Ontwateren en afvoeren naar de Slufter	Hier is geen sprake van een circulair proces. De baggerspecie wordt afgevoerd naar een stortlocatie en wordt niet op een nuttige manier hergebruikt of opgenomen in een proces (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier voor "- -" gekozen.

Tabel 46: Toelichting op de kosten categorie (criteria kosten) voor de MCA baggeren.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Kosten	Kosten zijn een belangrijk aspect om te kijken of een maatregel haalbaar is of niet. Hier wordt gewogen wat het alternatief is ten opzichte van de huidige situatie financieel gezien. Dit is een belangrijke categorie om te toetsen. Daarom is hier voor 0,10% gewicht gekozen.	Bagger op de kant	De bandenpers om te kunnen ontwateren kost 7 euro/m ³ . Inclusief zeef stap erbij is dit 8 euro/m ³ (Bodemrichtlijn, sd). In Rotterdam is er sprake van een gemiddelde zetting van 2,4 mm/jaar. Een watergang wordt eens per 10 jaar gebaggerd gemiddeld (Sundermeijer, 2019). Dit betekent dat de oever in 10 jaar gemiddeld 2,4 cm gezakt is. Om dit te kunnen compenseren moet 2,4 cm baggerspecie verspreid worden over de oever. 1 kuub verspreiden staat gelijk aan 1/0,024 = 41,66 m ² (nat). Ontwaterde baggerspecie wordt gereduceerd met een factor 4. 1m ³ nat is dus 0,25 m ³ droog. 41,66/4 = 10,42 m ² voor 2,4 cm (droog). Wanneer de baggerspecie over de kant verspreid wordt moet het gazon gerenoveerd worden. Voor een gazonrenovatie geldt het rekenbedrag 0,25 euro/m ² zoals blijkt uit het interview met (Salverda, 2019) in bijlage 1. 0,25 x 10,42 = 2,61 euro. Het totaalbedrag: 8 + 2,61 = 10,61 euro/m ³
		Teelaarde	Naar de Plas van Heenvliet geldt 71.250 euro voor 10.000m ³ baggerspecie transporteren. Naar het tijdelijk depot wordt dit: ((71.250/10.000)/30.7)) x 16,3 = 3,78 per m ³ transportkosten. Uit het interview met (Groeneveld, 2019) blijkt dat een tijdelijk depot 3,39 euro/m ³ kost. <u>Totaal kosten:</u> 3,78 + 3,39 = 7,17 euro/m ³ .
		Bagger-specie toepassen in oever bescherming	Een houten traditionele beschoeiing kost 125 euro per strekkende meter en heeft een levensduur van 15 jaar (Labrovic-Hoogland, 2019). De Geowall van Netics heeft een geschatte levensduur van 50 jaar en wordt 25-50% goedkoper geschat. 130 blokken van de Geowall bestaan uit ca. 130m ³ baggerspecie (Bodembreed symposium). Dit betreft ontwaterde baggerspecie (Waardenburg, 2014). Verder is 1 blok van de Geowall 2,5 meter breed (Volbeda, 2016). Baggerspecie reduceert met 30 – 50% in volume, afhankelijk van het droge stofgehalte (Bodemrichtlijn.nl, sd). Er wordt uitgegaan van een gemiddelde soort baggerspecie met een droog stofgehalte van 8%. Wanneer er ontwaterd wordt, wordt er uitgegaan van een droog stofgehalte van 32%, waardoor dus een factor 4 volumereductie heeft plaatsgevonden (Smal, 2019).

		Het verschil in levensduur Geowall en houten beschoeiing: $50/15 = 3,33$ $125 \times 3,33 = 416,25$ per strekkende meter voor een houten beschoeiing met een levensduur van 50 jaar. De geowall wordt geschat op 25 – 50 goedkoper dan een traditionele houten beschoeiing. Hiervan wordt het mediaan 37.5 genomen. Om het bedrag voor de Geowall uit te komen moet daarom vermenigvuldigd worden met 0,625 $416,25 \times 0,625 = 260,15$ indicatieve kosten per strekkende meter voor de Geowall 130 blokken is ca. 100m^3. Dit is ontwaterde baggerspecie (Waardenburg, 2014). Dit betekent dat vanuit gaande bij een droog stofgehalte van baggerspecie van 8% dat er 4m^3 natte specie nodig is voor 1m^3 ontwaterde baggerspecie (Smal, 2019). $130/100 = 1,3$ blok met 1m^3 ontwaterde bagger (4m^3 natte baggerspecie). Dus voor 1 kuub droge specie kan 3,25 meter Geowall gelegd worden ($2,5\text{L} \times 1,3$) = 3,25 meter Dus $260,15 \times 3,25 = 845,49$ voor 1,3 blok van 3,25 meter. 1m^3 natte specie kost dan $845,49/4 = 211,37$ $3,25/4 = 0,81$ meter Voor 211,37 kan er 0,81 meter Geowall aangelegd worden. Dit vereist 1m^3 natte baggerspecie. $(416,25/100) \times 0,81 = 337,16$ euro kost het om een houten beschoeiing van 0,81 meter aan te leggen met een levensduur van 50 jaar. <u>Totaal voor een levensduur van 50 jaar en een lengte van 0,81:</u> Geowall voor 1m^3 natte baggerspecie: 211,37
	Afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Voor het berekenen van deze afvoer methoden zijn de kentallen uit het interview met (Groeneveld, 2019) gebruikt (bijlage 1). Vanaf fictief centrum Rotterdam naar de Plas van Heenvliet is het 30.7 km. €7,13,- euro per m^3 transportkosten Verwerkingskosten €7,19 per m^3 Totaal: 14.32 euro/m^3 afvoeren.

		Ontwateren en afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Voor ontwaterde bagger geldt een factor 4 volumereductie (Smal, 2019), en voor het ontwateren wordt 7 euro per m ³ gerekend (Bodemrichtlijn, sd). Een factor 4 volumereductie betekent 4x zo weinig afvoeren en dus ook 4x minder kosten: $(14.32/4) + 7 = 10,58$ voor ontwaterde bagger afvoeren.
		Afvoeren naar de Slufter	Vervoerskosten per kuub naar de Slufter, alleen de klasse verontreinigd (Groeneveld, 2019): Vanaf fictief centrum Rotterdam is het 43 km naar de slufter. $(7,13 / 30.7) \times 43 = 9,99$ euro per m ³ Verwerkingskosten 6,19 euro/m ³ Totaal: 16.18 euro/m ³ afvoeren
		Ontwateren en afvoeren naar de Slufter	Voor ontwaterde bagger geldt een factor 4 volumereductie (Smal, 2019), en voor het ontwateren worden 7 euro per m ³ gerekend (Bodemrichtlijn, sd). Een factor 4 volumereductie betekent 4x zo weinig afvoeren en dus ook 4x minder kosten: $(16,18/4) + 7 = 11,05$ euro/m ³ voor ontwaterde bagger afvoeren.

Tabel 47: Toelichting op de kosten categorie (criteria besparingen) voor de MCA baggeren.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Besparingen	Het geld wat een maatregel bespaart ten opzichte van de huidige afvoer methode wordt als een belangrijke categorie gezien. Daarom is hier voor 10% gewicht gekozen.	Bagger op de kant	Zie berekening tabel 42. Ten opzichte van de Plas van Heenvliet (voornaamste vorm van baggerspecie afvoeren op dit moment) wordt er: $14,32 - 10,61 = 3,71$ euro/m ³ bespaart.
		Teelaarde	Zie berekening tabel 42. Door baggerspecie te gebruiken in plaats van veenimport uit Gouda wordt aan transportkosten: $1/3$ van 10.000 is 3333m ³ . $((17830/3333)/25) = 5,35$ euro/m ³ voor een transport van 25 km (bespaart) Veen inkoopkosten: $1/3$ van 10.000 is 3333m ³ . $4600/3333 = 1,38$ euro per m ³ veen <u>Totaal besparing:</u> $5,35 + 1,38 = 6,73$ euro/m ³ voor een m ³ veen inkopen.
		Baggerspecie toepassen in oever bescherming	Zie berekening tabel 42. Geowall voor 1m ³ natte baggerspecie: 211,37 Houten beschoeiing: 337,16 Er wordt dus 125,79 euro bespaart voor een lengte van 0,81 meter. Per strekkende meter is dit een besparing van 155,30 euro over een levensduur van 50 jaar. Dus kosten per strekkende meter Geowall: $(125 \times 3,33) - 155,30 = 260,95$ euro
		Afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Geen besparing omdat dit een huidige toepassing is: 0 euro.
		Ontwateren en afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Zie berekening tabel 42. $14,32 - 10,58 = 3,74$ euro/m ³ besparing
		Afvoeren naar de Slufter	Geen besparing omdat dit een huidige toepassing is: 0 euro.
		Ontwateren en afvoeren naar de Slufter	Zie berekening tabel 42. $16,18 - 11,05 = 5,13$ euro/m ³ besparing

Tabel 48: Toelichting op de toepasbaarheid in de stad categorie (criteria ruimte voor de maatregel) voor de MCA baggeren.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Ruimte voor de maatregel	Voor toepasbaarheid in Rotterdam wordt gekeken of de maatregel niet te veel ruimte in neemt, of de maatregel makkelijk en eenvoudig te implementeren is, en of de toepassing weer weg te halen is. Bijvoorbeeld in het geval dat baggerspecie ontwaterd moet worden. Omdat de toepasbaarheid in de stad van belang is voor het succes van de maatregel is hier 10% toegekend als gewicht.	Bagger op de kant	Deze maatregel is goed toe te passen in de stad wanneer de baggerspecie eerst ontwaterd wordt doormiddel van een bandenpers. De specie moet getoetst worden en er moet bepaald worden wat de kwaliteit is. Wanneer deze maximaal klasse wonen is, en het wordt getoetst aan de ontvangende bodem kan de specie op de kant gezet worden (Sundermeijer, 2019). Dit is in veel gevallen mogelijk. Echter is er wel 15x15 meter nodig voor de installatie (Smal, 2019). Vandaar dat hier voor "+" gekozen is.
		Teelaarde	Een tijdelijk depot voor ontwatering is een vereiste voor teelaarde. Dat is soms lastig in te passen omdat het om ruimte vraagt. Echter vaak iets meer buiten de stad is dit wel mogelijk (Groeneveld, 2019). Vandaar dat hier voor een "-" is gekozen.
		Baggerspecie toepassen in oever bescherming	Deze maatregel is zeer geschikt voor toepassing in de stad. Lokaal wordt de specie ontwaterd en lokaal worden de blokken geperst. Voor de benodigde ruimte van de installatie wordt van dezelfde 15x15 meter uitgegaan als bij de "bagger op de kant" toepassing (KWS, 2017). Vandaar dat hier voor een "+" gekozen is.
		Afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Afvoeren naar een stortlocatie buiten de stad is geen toepassing in de stad (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier voor "- -" gekozen.
		Ontwateren en afvoeren naar de Plas van Heenvliet	Afvoeren naar een stortlocatie buiten de stad is geen toepassing in de stad (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier voor "- -" gekozen.
		Afvoeren naar de Slufter	Afvoeren naar een stortlocatie buiten de stad is geen toepassing in de stad (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier voor "- -" gekozen.
		Ontwateren en afvoeren naar de Slufter	Afvoeren naar een stortlocatie buiten de stad is geen toepassing in de stad (Labrovic-Hoogland, 2019). Daarom is hier voor "- -" gekozen.

4.2 Toelichting MCA vrijkomende groen materialen

Aan de hand van interviews zijn de criteria en de gewichten bepaald van de MCA. In tabel 49 zijn de criteria en de gewichten te zien met een toelichting. Voor elk criterium is per toepassing de score bepaald aan de hand van gesprekken en documenten. Deze scores zijn vervolgens weer afgestemd (Labrovic-Hoogland, 2019).

De MCA-probleemanalyse is te zien in tabel 50, in tabel 51 is de gestandaardiseerde versie te zien en in tabel 52 is de gestandaardiseerde versie met toegekende gewichten te zien.

In de tabellen 53 tot en met 61 is per criteria toegelicht hoe de scores en de gewichten tot stand zijn gekomen.

Tabel 49: Gewichten voor de MCA vrijkomend groen

Categorie	Criteria	Gewicht	Toelichting
<i>Milieu</i>	Afstand	0,10	De afstand voor transport van het vrijkomende materiaal.
	CO ₂ uitstoot door transport	0,10	Uitstoot van CO ₂ door het transporteren van het vrijkomende materiaal.
<i>Omgeving</i>	Omgevingsoverlast	0,10	De mate waarvan de omgeving overlast ondervindt door de toepassing.
	Omgevingsbaten	0,10	De mate waarvan er sprake is van positieve effecten van de toepassing voor de omgeving.
<i>Bewustheid</i>	Duurzaamheid	0,10	De mate van duurzame effecten van de toepassing en duurzaamheid van het concept.
	Circulariteit	0,10	De mate van hoe circulair de toepassing is.
<i>Kosten en baten</i>	Kosten	0,10	De kosten die bij de toepassing komen kijken.
	Besparingen	0,10	De besparing die de toepassing oplevert ten opzichte van de huidige methode.
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	Ruimte voor de maatregel	0,10	De mate van ruimte voor de toepassing in stedelijk gebied.
<i>Totaal:</i>		1,00	

Tabel 50: Vrijkomende groen materialen MCA-probleemanalyse

<i>Categorie</i>	<i>Criteria</i>	<i>Kosten/baten</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Bioraffinage</i>	<i>Lokaal fermenteren</i>	<i>Afvoeren en laten composteren</i>
<i>Milieu</i>	Afstand	Kosten	km	0	5	23
	CO2 uitstoot door transport en uitvoering	Kosten	kg CO2 /ton	2,42	0,95	44,00
<i>Omgeving</i>	Omgevingsoverlast		--/++	+	-	--
	Omgevingsbaten		--/++	+	-	++
<i>Bewustheid</i>	Duurzaamheid		--/++	++	++	+
	Circulariteit		--/++	++	++	-
<i>Kosten</i>	Kosten	Kosten	Euro/ ton	11,58	39,46	79,50
	Besparingen	Baten	Euro/ ton	67,92	40,04	0
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	Ruimte voor maatregel		--/++	++	+	--

Tabel 51: Vrijkomende groen materialen MCA gestandaardiseerd

<i>Categorie</i>	<i>Criteria</i>	<i>Kosten/baten</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Bioraffinage</i>	<i>Afvoeren en zelf fermenteren</i>	<i>Afvoeren en laten composteren</i>
<i>Milieu</i>	Afstand	Kosten	km	1,00	0,78	0,00
	CO2 uitstoot door transport en uitvoering	Kosten	kg CO2 /ton	0,95	0,98	0,00
<i>Omgeving</i>	Omgevingsoverlast		--/++	0,75	0,25	0,00
	Omgevingsbaten		--/++	0,75	0,25	1,00
<i>Bewustheid</i>	Duurzaamheid		--/++	1,00	1,00	0,75
	Circulariteit		--/++	1,00	1,00	0,25
<i>Kosten/baten</i>	Kosten	Kosten	Euro/ ton	0,85	0,50	0,00
	Opbrengsten	Baten	Euro/ ton	1,00	0,59	0,00
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	Ruimte voor maatregel		--/++	1,00	0,75	0,00
<i>Totaal</i>				8,30	6,10	2,00

Tabel 52: Vrijkomende groen materialen MCA gestandaardiseerd met toegekende gewichten

<i>Categorie</i>	<i>Gewicht per categorie</i>	<i>Criteria</i>	<i>Gewicht</i>	<i>Kosten/baten</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Bioraffinage</i>	<i>Afvoeren en zelf fermenteren</i>	<i>Afvoeren en laten composteren</i>
<i>Milieu</i>	0,25	Afstand	0,1	Kosten	km	0,10	0,08	0,00
		CO2 uitstoot door transport en uitvoering	0,2	Kosten	kg CO2 /ton	0,19	0,20	0,00
<i>Omgeving Bewustheid</i>	0,15 0,2	Omgevingsoverlast	0,1		--/++	0,08	0,03	0,00
		Arbeidsintensiviteit	0,1		--/++	0,08	0,03	0,10
		Duurzaamheid	0,1		--/++	0,10	0,10	0,08
<i>Kosten/baten</i>	0,2	Circulariteit	0,1		--/++	0,10	0,10	0,03
		Kosten	0,1	Kosten	Euro/ ton	0,09	0,05	0,00
<i>Toepasbaarheid in de stad</i>	0,1	Baten	0,1	Baten	Euro/ ton	0,10	0,06	0,00
		Ruimte voor maatregel	0,1		--/++	0,10	0,08	0,00
<i>Totaal</i>	0,9		1			0,92	0,71	0,20

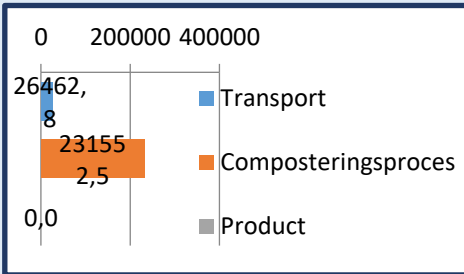
Toelichting criteria voor de MCA vrijkomend groen

Tabel 53: Toelichting op de milieu categorie (criteria afstand) voor de MCA vrijkomend groen.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Afstand	Deze categorie heeft 0,10% gewicht gekregen. Dit komt vanwege de relatie met de andere categorie, maar ook omdat afstand al deels verwerkt is in de volgende categorie CO ₂ uitstoot. Hier gaat afstand in op de moeite die nodig is om het vrijkomende groen van A naar B te krijgen.	Bioraffinage	Bioraffinage kan lokaal toegepast worden (van Doorn, 2018). De afstand is daarom 0.
		Afvoeren en zelf fermenteren	Voor in Rotterdam zelf fermenteren wordt ervan uit gegaan dat het haalbaar moet zijn om binnen 5 kilometer van waar het materiaal is vrijgekomen te kunnen fermenteren, op wijkniveau (Slingerland, 2019). Hiervoor zijn wel speciale locaties nodig. Vandaar dat hier 5 kilometer is toegekend.
		Afvoeren en laten composteren	De compost locaties zijn gemiddeld 23 kilometer van het centrum van Rotterdam verwijderd. Hiervoor is uitgegaan van de locaties van de aannemers Punt (zie bijlage 1) en Megron (Megron BV, 2017).

Tabel 54: Toelichting op de milieu categorie (criteria CO₂ uitstoot door transport en uitvoering) voor de MCA vrijkomend groen.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:						
CO ₂ uitstoot door transport en uitvoering	CO ₂ uitstoot heeft het gewicht 0,20% toebedeeld gekregen. Dit komt omdat bij composteren veel CO ₂ vrijkomt. Bovendien speelt flora en fauna minder een rol bij de milieu categorie van deze MCA. Milieu wordt belangrijk gevonden en vanwege de CO ₂ druk bij de huidige verwerking wordt CO ₂ hier extra zwaar meegewogen. Vandaar dat hier 20% is toegekend.	Bioraffinage	Voor het proces van bioraffinage is enkel stroom nodig. De bioraffinage machine heeft een capaciteit van 4 ton maaisel /uur (van Doorn, 2018). De generator wanneer die werkt op volle capaciteit stoot hij uitgaande van 3 liter diesel per uur (Whisperer power , sd) vollast verbruik en een CO ₂ uitstoot van 3,23 kg CO ₂ / liter diesel (co2emissiefactoren.nl, sd), (3,23x3)/4 = 2,42 kg CO ₂ /ton uit.						
		Afvoeren en zelf fermenteren	Voor het afvoeren van de vrijgekomen bladeren wordt aangenomen dat er 5 kilometer vanaf het centrum van Rotterdam nodig is wanneer dit per wijk wordt opgepakt. In totaal wordt er 5816 ton groenafval afgevoerd. 3780,4/5816 = 0,65 kg CO ₂ /ton uitstoot per tongroenafval op jaarbasis (Bvor, 2013). Dit blijkt uit de rekentool van de Bvor (branchevereniging organische reststromen). <table><tr><th>Categorie</th><th>CO₂ uitstoot (kg/ton)</th></tr><tr><td>Transport</td><td>3780,4</td></tr><tr><td>Composteringsproces</td><td>23155</td></tr><tr><td>Product</td><td>0,0</td></tr></table> Naast de uitstoot voor het transport moeten de materialen gemixt worden. Hierbij wordt 1,25 liter diesel gebruikt voor 13,4 ton materiaal. Dit betekent dat er 1,25/13,4=0,093 liter diesel gebruikt wordt voor het mixen per ton (Hitman, Anke; Bos, Klaas; Bosch, Marlou; van der Kolk, Arjan, 2013). Dit is 0,093 x 3,23= 0,3 kg CO₂/ton Totaal: 0,65+0,3 = 0,95 kg CO₂/ton	Categorie	CO ₂ uitstoot (kg/ton)	Transport	3780,4	Composteringsproces	23155
Categorie	CO ₂ uitstoot (kg/ton)								
Transport	3780,4								
Composteringsproces	23155								
Product	0,0								

		Afvoeren en laten composteren	Voor het afvoeren en verwerken van compost komt 44 kg CO₂/ton vrij voor een gerekende afvoer afstand van 23 kilometer (Bvor, 2013). Dit blijkt uit de rekentool van de Bvor.  The chart displays CO₂ emissions in kg CO₂/ton for three categories: Transport (blue bar), Composteringsproces (orange bar), and Product (grey bar). The x-axis ranges from 0 to 400,000. The y-axis lists the categories. The values are: Transport (264,8), Composteringsproces (231,55), and Product (0,0). <table><tr><th>Categorie</th><th>Waarde (kg CO₂/ton)</th></tr><tr><td>Transport</td><td>264,8</td></tr><tr><td>Composteringsproces</td><td>231,55</td></tr><tr><td>Product</td><td>0,0</td></tr></table>	Categorie	Waarde (kg CO ₂ /ton)	Transport	264,8	Composteringsproces	231,55	Product	0,0
Categorie	Waarde (kg CO ₂ /ton)										
Transport	264,8										
Composteringsproces	231,55										
Product	0,0										

Tabel 55: Toelichting op de omgeving categorie (criteria omgevingsoverlast) voor de MCA vrijkomend groen.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Omgevings-overlast	De omgeving is belangrijk om de maatregel kans van slagen te doen laten hebben. Wanneer veel buurtbewoners overlast ervaren door de maatregel zullen er meer klachten binnenkomen bij de gemeente. Voor het succes van de maatregel is het van belang dat de overlast tot een minimum beperkt wordt. In relatie tot de andere gewichten en categorieën is daarom hier 0,10% gewicht toegekend.	Bioraffinage	Bij bioraffinage hoeven geen transport bewegingen gemaakt te worden om de materialen af te voeren. Bovendien duurt het proces 2-3 dagen waardoor de overlast bewerkt blijft (van Doorn, 2018). De materialen worden lokaal bewerkt. Er is een ruimte nodig voor een mobiele trailer waar de installatie opstaat. De overlast zal tot een minimum beperkt worden (Veeteeltwebsite, 2018). Daarom is hier "+" toegekend.
		Afvoeren en zelf fermenteren	Bij lokaal fermenteren kan overlast ervaren worden door vrachtwagen bewegingen, en voor de inrichting van een plek waar er gefermenteerd kan worden. Stankoverlast valt niet te verwachten omdat het een anaeroob proces is. Het duurt zo'n 7 weken om te composteren (Hitman, Anke; Bos, Klaas; Bosch, Marlou; van der Kolk, Arjan, 2013). Daarom is hier een "-" toegekend.
		Afvoeren en laten composteren	De materialen moeten worden afgevoerd naar de groen compostering. Dit brengt de nodige vrachtwagen bewegingen met zich mee die overlast veroorzaken. De mensen in de omgeving van de compostering kunnen ook stank overlast ervaren omdat het een aeroob proces is. Bovendien zijn er minimaal 6 maanden nodig om goede compost te maken (Hitman, Anke; Bos, Klaas; Bosch, Marlou; van der Kolk, Arjan, 2013). Vandaar dat hier voor "- -" gekozen is.

Tabel 56: Toelichting op de omgeving categorie (omgevingsbaten) voor de MCA vrijkomend groen.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Omgevingsbaten	Met de toepassingen die naar voren komen in deze MCA kunnen er omgevingsbaten in meer of minder mate van toepassing zijn. De toepassingen leveren bijvoorbeeld bodem verbeterende producten die ingezet kunnen worden in de stad. Omdat deze effecten aanzienlijk merkbaar kunnen zijn voor de omgeving is gekozen om hier een gewicht van 0,10% aan toe te kennen.	Bioraffinage	Lokale bioraffinage betreft een geautomatiseerd proces waar de mobiele raffinage installatie het werk uitvoert met minimale handelingen. Omdat het raffineren 2-3 dagen kan duren afhankelijk van de hoeveelheid maaisel die verwerkt moet worden is in relatie tot de andere omgevingsbaten voor een plus gekozen. Daarom is hier "+" toegekend (van Doorn, 2018).
		Afvoeren en zelf fermenteren	Bij fermenteren kan veel bodem verbeterend product gemaakt worden van groene reststromen. Dit is goed voor het aanzicht van openbaar groen wanneer het product goed functioneert. Omdat het onzeker is of onkruidzaden verspreid worden is hier voor een "-" gekozen.
		Afvoeren en laten composteren	Bij composteren wordt een bewezen stabiel bodem verbeterend product gecreëerd. Dit is goed voor het aanzicht van openbaar groen (Slingerland, 2019). Daarom is hier "++" toegekend.

Tabel 57: Toelichting op de bewustheid categorie (criteria duurzaamheid) voor de MCA vrijkomend groen.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Duurzaamheid	De mate van duurzaamheid wordt hier in kaart gebracht. Het is belangrijk dat de maatregel een duurzame oplossing is en lang kan meegaan. Met de maatregel wordt elders bespaart doordat een met de toepassing een deel van dit probleem opgelost wordt. Hier is 0,10% gewicht toegekend.	Bioraffinage	Bij bioraffinage worden onder andere eiwitten gemaakt uit maaisels. Hierdoor hoeven de materialen niet getransporteerd te worden door primaire grondstoffen import zoals soja uit Zuid-Amerika, met ontbossingen tot gevolg. Dit is een zeer duurzame toepassing, waar lokaal grondstoffen gewonnen kunnen worden daarom is hier “++” toegekend (van Doorn, 2018).
		Afvoeren en zelf fermenteren	Door te fermenteren wordt een bodem verbeterend product verkregen net als bij compost. Fermenteren kan echter lokaal opgezet worden en veroorzaakt nauwelijks CO ₂ uitstoot door transport (Slingerland, 2019). Dit maakt het een duurzame maatregel. Daarom is hier “++” toegekend.
		Afvoeren en laten composteren	Bij composteren wordt een bodemverbeteraar gecreëerd. Hier komt CO ₂ bij vrij. Deze oplossing hergebruikt het vrijgekomen materiaal maar is niet erg duurzaam omdat het naar ver weg gelegen composteer bedrijven wordt gebracht. Daarom is hier een “+” toegekend (Hitman, Anke; Bos, Klaas; Bosch, Marlou; van der Kolk, Arjan, 2013).

Tabel 58: Toelichting op de bewustheid categorie (criteria circulariteit) voor de MCA vrijkomend groen.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Circulariteit	Wanneer er sprake is van een kringloop sluiten is sprake van een circulaire toepassing. Dit is een belangrijke categorie om te toetsen of de maatregel "bewust" is. Er is gekozen om hier, met oog op de andere gewichten en categorieën een gewicht van 0,10% toe te kennen.	Bioraffinage	Bioraffinage is zeer circulair. Wat nu nog gezien wordt als een afvalstof die afgevoerd wordt is het mogelijk om bij bioraffinage nuttige grondstoffen uit het maaisel te winnen. Hiervan kunnen weer producten gemaakt worden (van Doorn, 2018). Daarom is hier "++" toegekend.
		Afvoeren en zelf fermenteren	Op dit moment wordt de bodem verarmd in Rotterdam. Alle organische stoffen worden afgevoerd. Met het product dat bij fermenteren gemaakt wordt kan deze bodemverarming worden tegengegaan door opnieuw organische stof op de bodem aan te brengen. Door dit lokaal te doen worden transport kilometers bespaard ten opzichte van composteren (Slingerland, 2019). Vandaar dat hier "++" is toegekend.
		Afvoeren en laten composteren	Op dit moment wordt de bodem verarmd in Rotterdam. Alle organische stoffen worden afgevoerd. Met het product dat bij composteren gemaakt wordt kan deze bodemverarming worden tegengegaan door opnieuw organische stof op de bodem aan te brengen (Slingerland, 2019). Hiermee zijn wel transport kilometers en CO ₂ uitstoot voor het maken van de compost gemoeid. Bovendien moet de compost daarna weer geïmporteerd worden. Daarom is hier een "-" toegekend.

Tabel 59: Toelichting op de kosten/baten categorie (criteria kosten) voor de MCA vrijkomend groen.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Kosten	Kosten zijn een belangrijk aspect om te kijken of een maatregel haalbaar is of niet. Hier wordt gewogen wat het alternatief kan zijn ten opzichte van de huidige situatie financieel gezien. Dit is daarom een belangrijke categorie om te toetsen. Daarom is hier voor 10% gewicht gekozen.	Bioraffinage	De kosten voor bioraffinage met een mobiele bioraffinage machine van GRASSA worden begroot op 11,58 euro/ton (van Doorn, 2018).
		Afvoeren en zelf fermenteren	Bij de pilot in Hengelo is gebleken dat per ton bladafval de kosten €32 (Ex btw) waren. Inclusief btw kost het €38,72. Dit bedrag is berekend voor een hoeveelheid bladeren van 400 ton. Er wordt bij vermeld dat wanneer grotere partijen verwerkt worden schaalvoordelen van toepassing zijn (Gemeente Hengelo, 2017). Om te berekenen wat een ton groenafval afvoeren kost wordt gekeken naar de baggerafvoer kosten (zie bijlage 1: interview Pieter Bremmer en Henri Groeneveld). Om de kosten per kuub om te rekenen naar kosten per ton wordt gewerkt met de volgende gegevens: - 1 kuub baggerspecie afvoeren per kilometer kost $7,13 / 30,7 = €0,23$ - Om van m³ naar ton te gaan wordt gedeeld door 100 en vervolgens vermenigvuldigt met de dichtheid in kg/hl (debinnenvaart, sd). - De dichtheid van bagger is 125-185 kg/hl. Hiervan wordt het gemiddelde 155 genomen. - 10 hl is 1 m³ dus 1550 kg is 1 m³. $(1000/15.5)/100 = 0,645$ - $(0,645 \times 0,23) \times 5 = 0,74$ euro voor 5 km transportkosten Totale kosten per ton: $38,72 + 0,74 = 39,46$ euro/ton
		Afvoeren en laten composteren	Om het vrijkomend groen te laten composteren hoeft het materiaal alleen maar ingenomen te worden. Het bedrijf wat er vervolgens compost van maakt verkoopt de compost weer door aan

			derden. Voor deze inname kosten wordt geld betaald, en om compost weer in te kopen kost het ook geld. Niet alle inname punten zijn transparant over hun bedragen, maar deze bedragen zullen niet veel van elkaar verschillen. - Voor integraal groen afval innemen wordt een bedrag gerekend van €47,80 per ton bij bruins en kwast (kwast, 2019) - Voor groenafval storten bij vossenbergh wordt een bedrag van €48,40 inclusief BTW (Vossenbergh, sd). - Bij driessen-horst kan groenafval ingeleverd worden voor een bedrag van 42,35 inclusief BTW (Driessenhorst, sd). - Ervan uit gaande dat de tarieven over heel Nederland verspreid min of meer hetzelfde zijn wordt over deze drie bedragen het gemiddelde berekend: - o Het gemiddelde storttarief voor groenafval: 46,18 inclusief BTW per ton groenafval. Het groenafval wordt vervolgens gecomposteerd en verkocht aan derde partijen. Van 1 ton groenafval kan zo'n 2 ton compost gemaakt worden (Vlaco, 2009). De compost wordt verkocht voor ongeveer 26 a 27 euro per ton (Hellinga, 2017). Om te berekenen wat een ton groenafval afvoeren kost wordt gekeken naar de baggerafvoer kosten (zie bijlage 1: interview Pieter Brenner en Henri Groeneveld). Om de kosten per kuub om te rekenen naar kosten per ton zijn de volgende stappen nodig: - 1 kuub baggerspecie afvoeren per kilometer kost $7,13 / 30,7 = 0,23$ euro. - Om van m³ naar ton te gaan wordt gedeeld door 100 en vervolgens
--	--	--	--

			vermenigvuldigt met de dichtheid in kg/hl (debinnenvaart, sd). - De dichtheid van bagger is 125-185 kg/hl. Hiervan wordt het gemiddelde 155 genomen. - 10 hl is 1 m³ dus 1550 kg is 1 m³. (1000/15.5)/100= 0,645 - (0,645 x 0,23) x 23 = 3,41 euro voor 23 km transportkosten Om de compost weer terug in Rotterdam te krijgen is dus twee keer transport nodig: - 3,41x2=6,82 euro - 46,18 euro (groen storten) - 26,50 euro (voor compost inkopen) - Totaal: 79,50 euro/ton compost
--	--	--	--

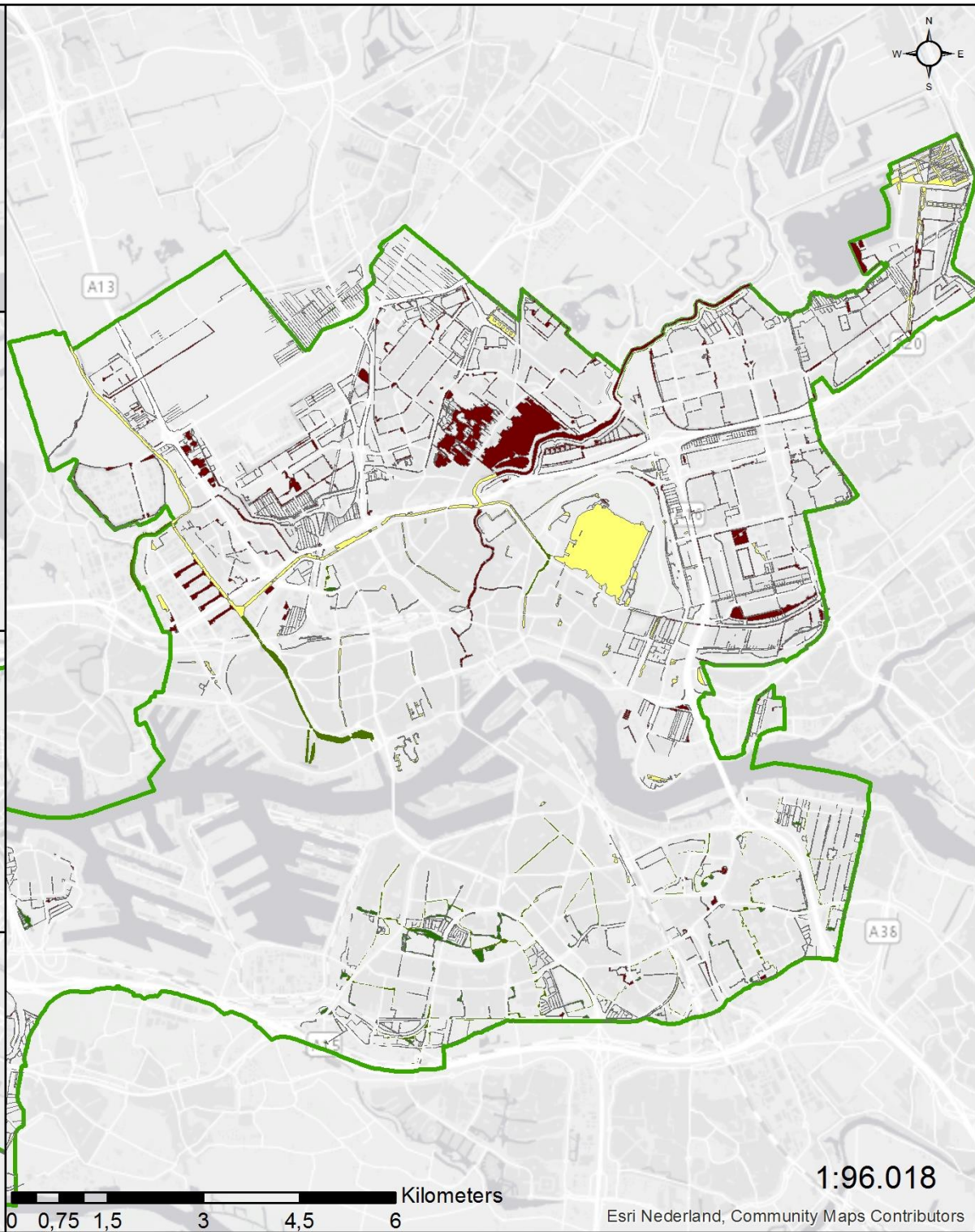
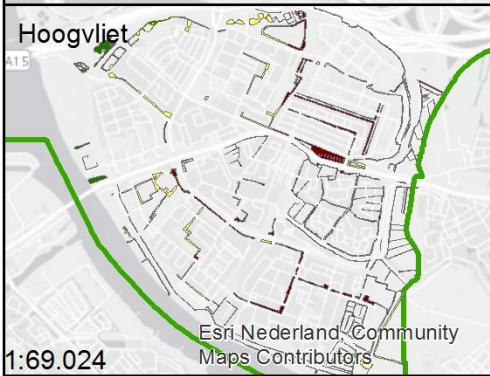
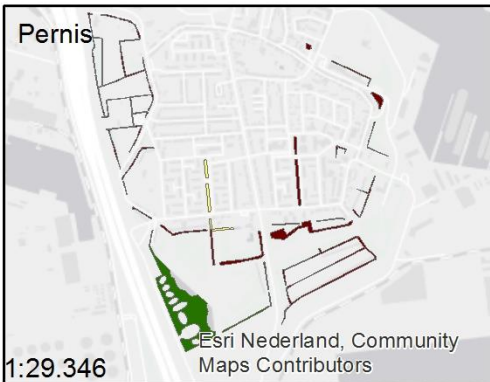
Tabel 60: Toelichting op de kosten/baten categorie (criteria opbrengsten) voor de MCA vrijkomend groen.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Besparingen	Om te zien of een maatregel besparend is ten opzichte van het huidige alternatief toetst deze categorie het verschil in kosten. Dit is daarom een belangrijke categorie om te toetsen om het verschil mee te nemen. Daarom is hier voor 10% gewicht gekozen.	Bioraffinage	Het huidige alternatief is 79,50 euro/ton compost zoals te zien in tabel 55. Bij bioraffinage zijn de kosten 11,58 euro/ton. Dit betekent dat het verschil $79,50 - 11,58 = 67,92$ euro/ton betreft.
		Afvoeren en zelf fermenteren	Voor zelf fermenteren geldt een bedrag van 39,46 euro/ton. Er wordt hiermee $79,50 - 39,46 = 40,04$ euro/ton bespaart.
		Afvoeren en laten composteren	Dit is het huidige alternatief. Ten opzichte van het huidige alternatief is daarom hier geen sprake van een besparing.

Tabel 61: Toelichting op de toepasbaarheid in de stad categorie (criteria toepasbaarheid) voor de MCA vrijkomend groen.

Criteria:	Gewicht:	Toepassing:	Toelichting:
Toepasbaarheid	Voor toepasbaarheid in Rotterdam wordt gekeken of de maatregel niet te veel ruimte in neemt en of de maatregel makkelijk en eenvoudig te implementeren is. Omdat de toepasbaarheid in de stad van belang is voor het succes van de maatregel is hier 10% toegekend als gewicht.	Bioraffinage	Bio raffinage neemt niet veel ruimte in en is daarom goed toe te passen in de stad. Slechts 1 trailer is nodig voor het mobiele bioraffinage station. Daarom is hier “++” toegekend (Veeteeltwebsite, 2018).
		Afvoeren en zelf fermenteren	Voor fermenteren is een locatie nodig waar het materiaal gefermenteerd kan worden. Hier is de ruimte voor nodig en zal daarom moeilijker in te passen zijn in druk stedelijk gebied. Echter meerdere locaties op kleinschalig wijkniveau zou een mogelijkheid kunnen zijn. Geur overlast zoals bij compost valt niet te verwachten. Daarom is hier een “+” toegekend (Gemeente Hengelo, 2017).
		Afvoeren en laten composteren	Voor composteren wordt het materiaal naar plekken elders buiten de stad gebracht, gemiddeld op 23 km afstand. Compost locaties zijn slecht geschikt voor in de stad vanwege de overlast die er mee gepaard gaat door stank. Daarom is hier “- -” toegekend (Hitman, Anke; Bos, Klaas; Bosch, Marlou; van der Kolk, Arjan, 2013).

Bijlage 5: Kaarten



Bodemsoorten in de watergangen van Rotterdam

Legenda

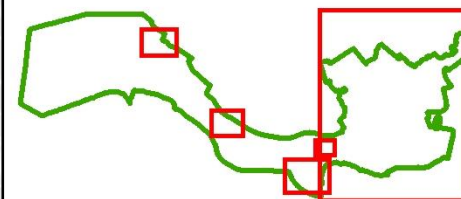
Watergangen in Rotterdam

Bodemsoort

- Zand
- Klei
- Veen
- Gemeente grens Rotterdam

Tekenaar:	Formaat:
S.C. van den Beukel	A4
Datum:	Schaal:
06-05-2019	1:96.018

Situatie:





Watergangen gemeente Rotterdam waterbodemkwaliteit toepassen op land

Legenda

Gemeente Rotterdam

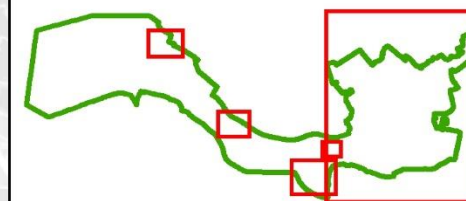
Watergangen

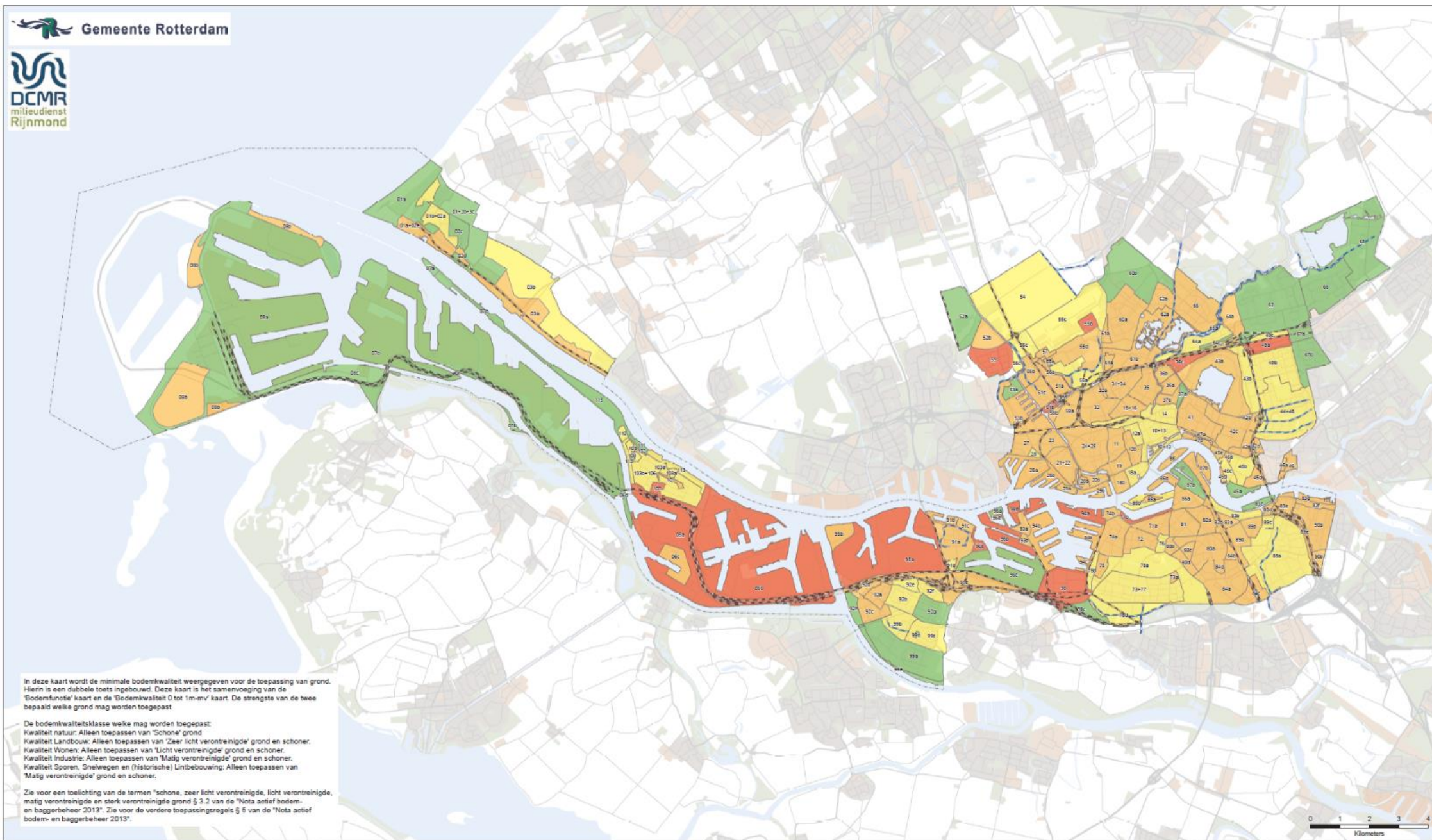
Waterbodemkwaliteit: toepassen op land

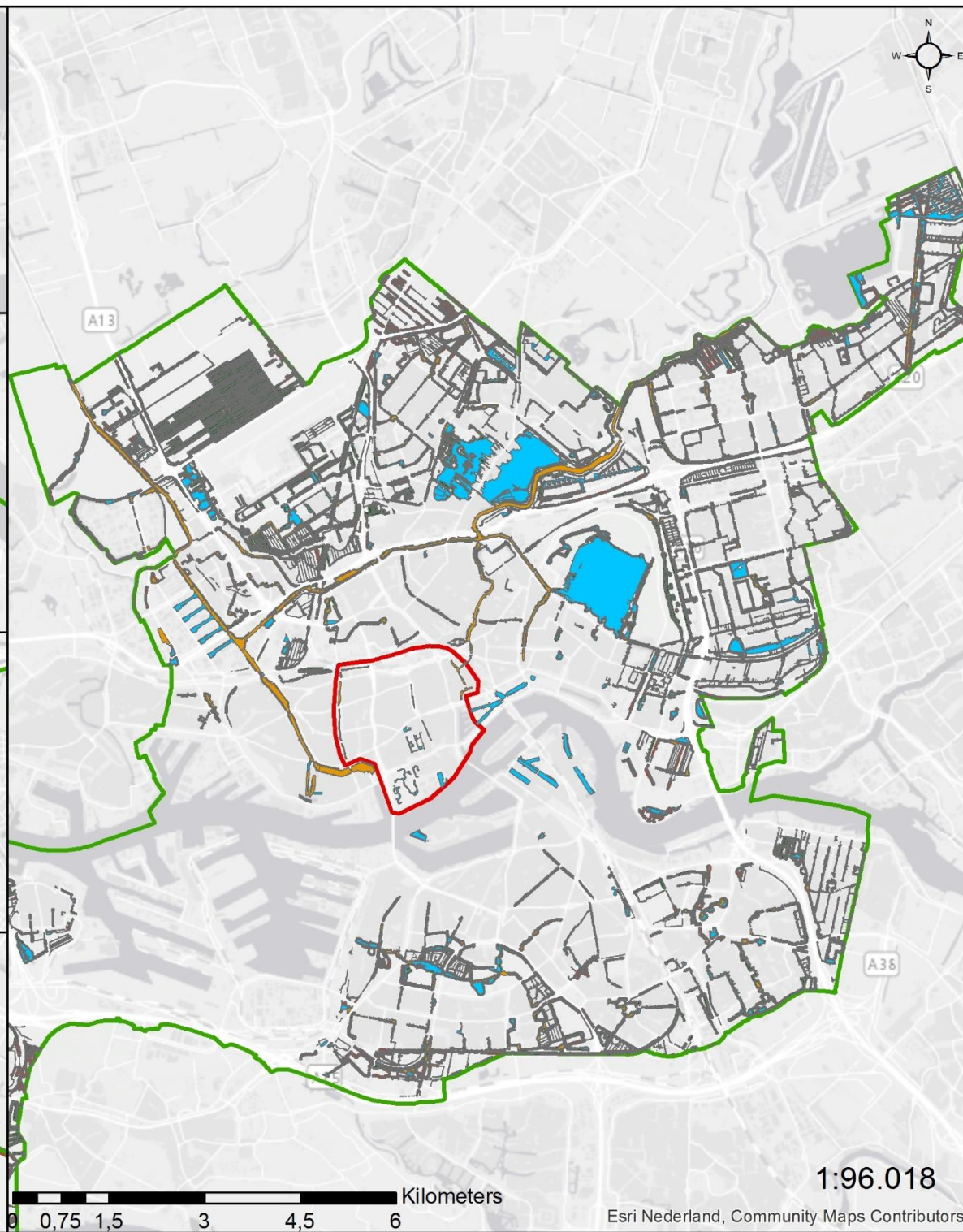
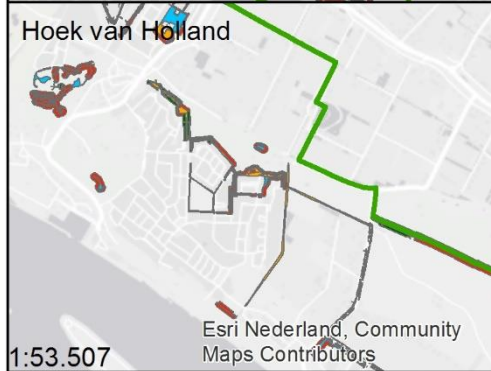
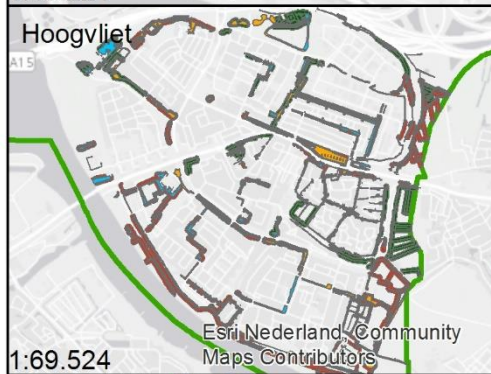
- Natuur (schoon)
- Landbouw (zeer licht verontreinigd)
- Wonen (licht verontreinigd)
- Industrie (verontreinigd)
- Verontreinigd (sterk verontreinigd)

Tekenaar:	Formaat:
S.C. van den Beukel	A4
Datum:	Schaal:
08-05-2019	1:96.018

Situatie:







Geschikte oevers voor baggerspecie op de kant zetten buiten de stadsdriehoek

Bepaald door de ontvangende bodem te vergelijken met de waterbodemkwaliteit voor toepassing op land. Het betreft geïnterpoleerde waarden voor de waterbodemkwaliteit en de bodemsoorten van de watergangen.

Legenda

Watergangen:

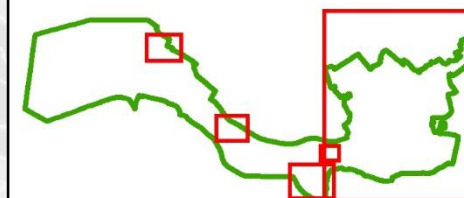
- Hoofdwatergangen
- Overige watergangen

Geschikte oevers:

- Ja
- Nee
- Gemeente Rotterdam
- Stadsdriehoek

Tekenaar:	Formaat:
S.C. van den Beukel	A4
Datum:	Schaal:
27-05-2019	1:96.018

Situatie:



Bijlage 6: Verwijzing naar handleiding ArcGIS-model (beroepsproduct)

Het model waar wordt bepaald of baggerspecie op de kant mag worden gezet of niet toetst de ontvangende bodem aan de waterbodembodemkwaliteit van de baggerspecie. Hoe het model werkt en hoe de resultaten geïnterpreteerd moeten worden is terug te vinden in de handleiding van het model.

De handleiding van het model kan gevonden worden op googledrive via de volgende link:

<http://bit.ly/2WF98PZ>

De instructies hoe het model gebruikt moet worden zijn terug te vinden in hoofdstuk 3 van de handleiding die te bereiken is via de link hierboven. Het model zelf is enkel te gebruiken vanaf de server van de gemeente Rotterdam.