A network diagram consisting of various sized circles connected by thin lines, set against a blue background. The circles are arranged in a non-uniform, interconnected pattern, with some larger circles and many smaller ones.

KWR 2020.121 | oktober 2020

**Organisch keukenafval via het riool: een
milieu en juridische en governance
aspecten analyse**

Samenwerkingspartners



Rapport

Organisch keukenafval via het riool: een milieu en governance analyse

KWR 2020.121 | Augustus 2020

Opdrachtnummer

402685

Projectmanager

Petra Holzhaus

Projectteam

Samenwerkingsregio Samenwerking Afvalwaterketen Flevoland – SAF, Gemeente Leidschendam-Voorburg, Dunea, Stichting PIT, TVVL, Techniek Nederland (voorheen Uneto-VNI), Emerson (InSinkerator), KWR

Auteurs

Tessa van den Brand en Nicolien van Aalderen

Kwaliteitsborgers

Prof. Dr. K. van Leeuwen, Dr.Ir. C.H.M. Hofman-Caris

Keywords

LCA, voedselresten, governance

Jaar van publicatie
2020

Meer informatie

Ph.D. M.Sc. Tessa van den Brand
T 0306069629
E Tessa.van.den.Brand@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR

oktober 2020 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Samenvatting

In dit onderzoek zijn de impact op het milieu en de juridische en governance aspecten van het afvoeren van organisch keukenafval via het riool bestudeerd. Dit is een aanvulling op de technische analyse gerapporteerd in "Assessing the impact of food waste disposers on the indoor sewer system" KWR 2020.079.

Bij het bepalen van de milieuimpact lag de focus vooral op de vraag: aan welke 'knoppen' kan men draaien om meer uit dit concept te halen. Hiervoor is er een vergelijking gemaakt van drie scenario's: afvoer van organische voedselresten via GFT bak (GFT scenario), afvoer via het restafval (restafvalscenario) of afvoer waarbij de voedselresten via een voedselrestenvermaler via het riool worden afgevoerd (riool scenario). Als basis voor dit onderzoek dient het STOWA 2015-07 rapport. Er is aangenomen dat de inventarisatie van hoeveel materiaal, energie, chemicaliën e.d., niet veranderd is, maar dit model is wel geüpdatet met behulp van een nieuwe life cycle inventory (LCI) database en een herziene impact assessment methode. Hierdoor wijken de nieuwe resultaten in belangrijke mate af van de resultaten in het STOWA rapport. De conclusie dat afvoer van organisch keukenafval via GFT afval een lagere impact heeft dan via het riool, wordt echter ook met dit nieuwe model (met bijbehorende aannamen) bevestigd, al is het verschil wel minder groot. De parametersensitiviteitsanalyse toont vier belangrijke kernpunten aan. Ten eerste blijkt het gebruik van een groenere energievorm in het proces vooral een gunstig effect te hebben op het scenario met afvoer via het riool. Ten tweede blijkt het reduceren van het waterverbruik in het riool-scenario van 16,8 naar 10L de milieu impact met ~5% te verlagen. Als derde, volgt uit deze studie dat in het scenario met afvoer via het riool de impact van de vermaler erg groot is. Aangezien de impact per kg voedselresten wordt berekend, neemt de impact van de vermaler af als er meer voedselresten mee vermalen kunnen worden. Het blijkt dan ook te lonen (~20%) als meerdere huishoudens hun keukenafval via dezelfde vermaler zouden afvoeren. En als laatste blijkt de kwaliteit van compost van groot belang voor de vergelijking met het GFT scenario. Uit het onderzoek van Bolzanella et al., 2003 blijkt namelijk dat de kwaliteit van de compost sterk kan variëren, en deze spreiding betekent dat in het beste geval de impact van het GFT scenario ongeveer 35% lager is dan bij een gemiddelde compostkwaliteit. Dit heeft uiteraard een grote invloed op de onderlinge vergelijking van de verschillende scenario's. Het advies is nu om vooral te richten op levensduurverlenging van de vermaler. Het afvoeren van voedselresten wordt vooral overwogen in hoogbouw, waar afvoer van voedselresten vooral via restafval plaatsvindt. In dit model scoort afvoer van voedselresten via het riool fors beter dan afvoer via restafval.

Implementatie vermaler in woningen

Een belangrijk obstakel voor de afvoer van organisch keukenafval via een vermaler is het huidige verbod op het gebruik hiervan, zoals opgenomen in het nationale afvalstoffenbeleid. Het uitgangspunt van het Nederlands afvalbeleid is momenteel 'scheiden bij de bron'. Door deze gesegregeerde inzameling kunnen verschillende afvalstromen efficiënt recycled worden. Binnen deze aanpak zamelen veel gemeentes in Nederland GFT afval dan ook in als losse reststroom bij huishoudens. Voedselrestenvermalers worden door het ministerie van VROM als ongewenst beschouwd gezien zij een aanvullende last leggen op het riool. Dit komt zowel doordat het effluent mogelijk tot meer verstoppingen kan leiden, als doordat de verwerking van het effluent bij RWZI's meer emissies oplevert. Tevens wordt er vaak verwezen naar de eerder genoemde LCA door STOWA, waaruit is gebleken dat separate inzameling van GFT de meest efficiënte manier is om deze afvalstroom in te zamelen.

Echter kunnen de lokale omstandigheden voor afvalinzameling sterk verschillen van het nationaal gemiddelde. Zo zamelen niet alle gemeentes huishoudelijk GFT afval in en blijkt de inzameling hiervan lastiger voor

hoogbouw. Het gebruik van vermalers lijkt dan ook het meest veel belovend voor huishoudens waarvoor deze condities gelden. Reflecterend op de huidige wetgeving lijkt het mogelijk vermalers toe te passen in sommige gevallen. Zo zijn gemeenten vrij om alternatieve manieren van afvalinzameling te introduceren voor bepaalde gebieden. Wanneer dit wordt toegepast voor vermalers houdt dit wel ook in dat het afvalwater separaat verwerkt moet worden, buiten de RWZI om. Het succesvol implementeren van een pilot lijkt momenteel de meest veel belovende methode om wijzigingen in het huidige beleid te realiseren. Het kunnen aantonen dat de verrijkte afvalstroom uit de vermaler geen extra belasting voor de RWZI vormt is hierbij een centraal element.

Inhoud

Samenwerkingspartners	1
Rapport	2
Samenvatting	4
Inhoud6	
1 Introductie	8
2 Milieu impact	9
2.1 Introductie tot milieu impact	9
2.2 Materiaal en methoden	10
2.2.1 Goal and scope	11
2.2.2 Inventory analyse	12
2.2.3 Impact assessment	12
2.3 Resultaten	12
2.3.1 Verschillen met STOWA onderzoek	12
2.3.2 De basis scenario's (boomstructuren)	12
2.3.3 Impact categorieën	18
2.3.4 Sensitiviteitsanalyse	18
2.4 Conclusie	21
3 Juridische en governance aspecten	22
3.1 Introductie	22
3.1.1 Aanleiding	22
3.1.2 Methode	22
3.2 Afvalscheiding in Nederland	22
3.2.1 Afvalscheiding in de circulaire economie	22
3.2.2 Huishoudelijke afvalstromen	23
3.2.3 Scheiden bij de bron	23
3.3 VRM's	24
3.3.1 Wetgeving	24
3.3.2 Mogelijkheden tot opheffen verbod	25
3.4 Verdeling verantwoordelijkheden en kosten & baten	27
3.4.1 Risico's bij gebruik	27
3.4.2 Verantwoordelijkheid investering apparatuur	27
3.4.3 Geluidsoverlast	27
3.4.4 Verdeling van de baten	28
3.5 Voorbeelden pilot projecten	29

4	Referenties	30
4.1	Literatuur	30
4.2	Kamerstukken:	31
4.3	Websites:	31
4.4	Geïnterviewde:	31

1 Introductie

Er zijn verschillende mogelijkheden om de afvoer van organisch keukenafval te realiseren: één daarvan is via het riool. Een Voedselrestenvermaler is een keukenapparaat dat bedoeld is voor de verwerking van organisch keukenafval en onder de gootsteen wordt geïnstalleerd. Het grootste deel van de voedselresten wordt gereduceerd tot kleine deeltjes (< 5 mm) en gaat via de keukengootsteen naar de riolering (Marashlian en El-Fadel 2005). Het effect van het toevoegen van (vermalen)voedselresten aan het afvalwater op de rioolwaterzuiveringsinstallaties is nog niet voldoende onderzocht (Zan et al. 2018). Het gescheiden inzamelen van keukenafval (GFT scenario) heeft een hoge kostenpost voor transport. Vandaar dat een gecombineerd transport met huishoudelijk toiletafvalwater, met verhoogde biogasproductie, zowel financiële kosten zou kunnen verlagen als een positief impact op het milieu zou kunnen hebben (Maalouf en El-Fadel 2017). In tegenstelling tot compostering worden voedingsstoffen teruggewonnen, wordt het energieverbruik verminderd en kan de uitstoot van broeikasgassen worden geminimaliseerd (Yang et al. 2010). Het gebruik van voedselrestenvermalers is een veelbelovende aanpak om huishoudelijk voedselafval te scheiden en in te zamelen, vooral in appartementsgebouwen waar het afvalscheidingspercentage laag is. De haalbaarheid van de toepassing is nog niet voldoende in de breedte onderzocht. In dit rapport onderzoeken we de milieu effecten (hoofdstuk 2) van deze voedselrestenvermalers.

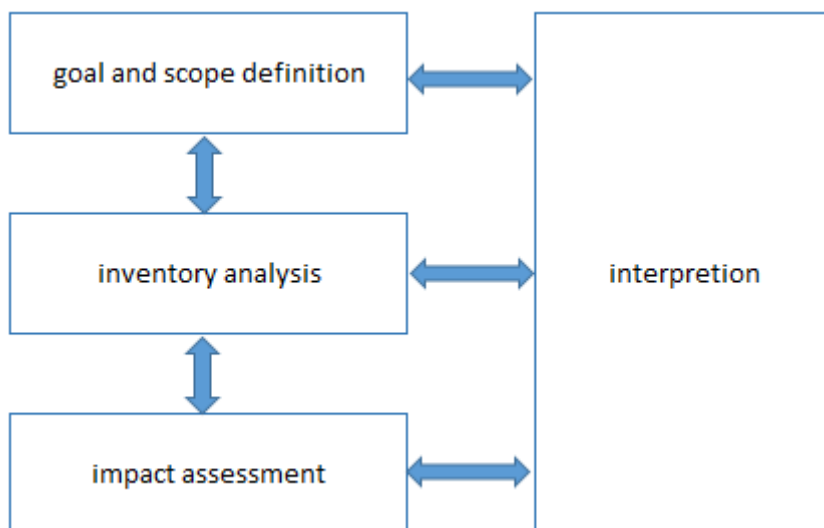
Het tweede deel van dit rapport (hoofdstuk 3) richt zich op de wettelijke kaders voor de invoering van voedselrestenvermalers. Eerst zullen de basisbeginselen voor afvalscheiding in Nederland worden toegelicht inclusief de link van afvalscheiding met het realiseren van een circulaire economie. Daarna zal er gekeken worden wat de status is van de huidige gft inzameling en wordt er ingezoomd op het verbod op VRM's. Na een korte achtergrond van het verbod zullen in paragraaf 3.3 de huidige overwegingen voor de handhaving hiervan worden geschetst. Dit hoofdstuk eindigt met een overzicht van de belangrijkste overwegingen voor het huidige beleid en mogelijkheden tot aanpassing hiervan. In paragraaf 3.4 zal de verdeling van de verantwoordelijkheden en kosten en baten die komen kijken bij het gebruik van VRM's worden besproken. Tot slot zijn in de afsluitende paragraaf 3.5 enkele voorbeeld projecten opgenomen.

2 Milieu impact

2.1 Introductie tot milieu impact

Het bewustzijn rondom duurzaamheid groeit binnen de maatschappij. Het wordt dan ook steeds belangrijker dit mee te nemen bij het verder ontwikkelen van technologieën en concepten. Sterker nog, duurzaamheid is vaak ook juist de drijvende kracht achter nieuwe concepten. Het begrip “duurzaamheid” omvat echter meer dan alleen het effect op het milieu: het is namelijk ook relevant of er andere voor of nadelen spelen zoals economische en sociale aspecten (comfort). Binnen deze studie kijken we alleen naar het effect op het milieu; dit doen we door middel van het uitvoeren van een life cycle assessment (LCA) analyse.

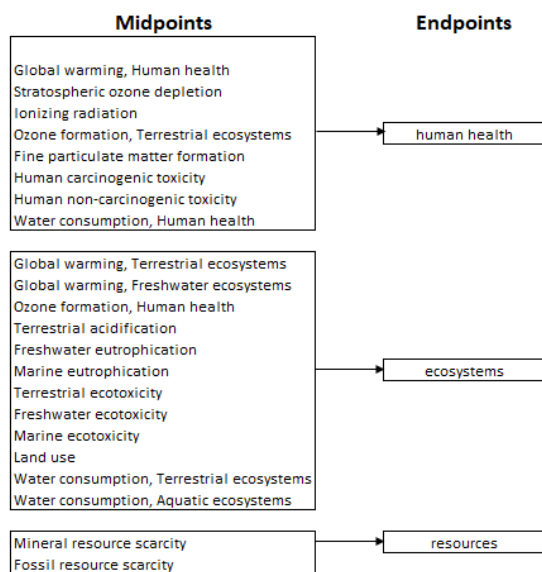
Bij het opstarten van een LCA analyse is het belangrijk om eerst het doel en de scope vast te stellen (Figuur 1); hierbij is vooral de keuze van de functionele eenheid relevant. Hier komen we later op terug. In een LCA analyse wordt de wieg-tot-graf methode gebruikt om de milieu-impact te bepalen, waarbij de hele levenscyclus, van de winning van de grondstoffen tot en met gebruik en afvalverwerking in aanmerking wordt genomen. In dit proces wordt er informatie verzameld over het verbruik van energie, materialen en chemicaliën, transport, uitstoot van stoffen en vele andere zaken. Dit is onderdeel van de ‘inventory analysis’ zoals weergegeven in figuur 1. Hierbij is het mogelijk gebruik te maken van life cycle inventory (LCI) databases, die informatie geven over wat er van wieg-tot-graf komt kijken bij producten en processen. Vervolgens wordt er een impact assessment geëvalueerd: dit is eigenlijk de effectenbeoordeling, die scores geeft op milieu-indicatoren. Hiervoor worden de life cycle impact assessment (LCIA) data gebruikt. De pijlen in figuur 1 geven aan dat er continu sprake is van een wisselwerking, ofwel het is een iteratief proces. Dit resulteert in een verbetering van de analyse, omdat dit bijdraagt aan de uitgebreidheid en consistentie van de analyse.



Figuur 1 schematische weergave van opbouw LCA analyse

In dit onderzoek maken we gebruik van de EcoInvent database, en van Recipe als onze effectenbeoordelingsmethode. Recipe gebruikt een zeventien tot tweeëntwintig midpoint impact categorieën die elk een op zichzelf staand milieuprobleem vertegenwoordigen. Deze worden vervolgens vertaald naar waar de milieuschade optreedt, de zogenoemde endpoints (Figuur 2). Er zijn drie endpoints gedefinieerd: volksgezondheid (human health), ecosystemen en grondstoffen. Dit geeft de mogelijkheid om verschillende milieueffecten te combineren, Dit vergroot de weliswaar de onzekerheid van de analyse (er gaat een

“vertaalslag” over de resultaten), maar het maakt de interpretatie doorgaans wel een stuk eenvoudiger. Het is daarom gewenst om beide resultaten, zowel midpoints als endpoints, te beschrijven. Er is bij één midpoint (klimaat verandering) sprake van een effect op zowel endpoint human health als ecosystemen, zie Figuur 2. De impact kan op verschillende manieren worden uitgedrukt. Een veel gebruikte methode is in CO₂-equivalenten, waarbij de impact wordt berekend in kg CO₂ per functionele eenheid. Een nadeel van deze methode is dat andere effecten, zoals landgebruik of toxiciteit, niet worden meegewogen. Een andere methode is het gebruik van ecopunten, waarbij dergelijke effecten wel worden meegewogen, en geschaald. Op die manier worden alle effecten bij elkaar opgeteld, waarbij als maatstaf is genomen dat één gemiddeld, West-Europees persoon per jaar een impact van 1000 ecopunten veroorzaakt (Baayen H., 2000).



Figuur 2 overzicht van midpoints en Endpoints in de recipe methode

Er zijn verschillende redenen om met enige regelmaat een life cycle assessment (LCA) analyse uit te voeren. Regelmatig is er sprake van nieuwe inzichten over een technologie, of ontwikkelingen binnen die technologie, waardoor bijvoorbeeld de consumptie van energie of chemicaliën (sterk) kan veranderen. Bovendien kan deze informatie je weer een nieuwe richting voor vervolgonderzoek geven. Een andere reden voor de wens om LCA regelmatig te herzien is dat gegevens in gebruikte life cycle inventory (LCI) databases (EcoInvent bijvoorbeeld), verbeterd worden of dat door een herziening van de LCIA methode de evaluatie wordt herzien. Bovendien is de uitkomst van de Recipe methode zo gedefinieerd dat 1.000 ecopunten overeenkomen met de impact van een gemiddeld Westers persoon per jaar (https://www.pre-sustainability.com/download/EI99_Manual.pdf). Daardoor kan de ‘waarde’ van 1 ecopunt in de loop van de tijd veranderen, en kun je niet recente gegevens één op één vergelijken met oude data.

2.2 Materiaal en methoden

Volgens de ISO norm (14040 en 14044) is het belangrijk om verschillende zaken nauwkeurig op te nemen in een rapportage. Deze zaken hebben betrekking op: beschrijving van goal en scope, data inventory analyse, impact assessment en interpretatie van de resultaten. Hieronder staan de gegevens vermeld hoe dit model voor het hier gerapporteerde onderzoek is opgebouwd.

2.2.1 Goal and scope

Het doel van deze analyse is een update uitvoeren van de milieu impact van verschillende scenario's voor het afvoeren van groente en fruit afval. Doorgaans worden voedselresten afgevoerd via een GFT container (GFT scenario). Echter wanneer er sprake is van hoogbouw (flats e.d.) gebeurt dit vaak via de restafvalcontainer (Restafval scenario). Afvoer van voedselresten via het riool, met tussenkomst van een vermaler, is een mogelijk toekomst beeld (riool scenario). Deze drie scenario's worden in dit onderzoek geëvalueerd. Dit gebeurt aan de hand van drie subprocessen: 1) afdanking: hoe voedselresten worden afgevoerd, 2) bewerken: welke additionele kosten gemaakt worden voor de bewerking van de toegevoegde voedselresten (denk aan energie, hulpstoffen, emissies) en 3) toepassing: de mogelijke vorming van stoffen en/of energie die elders nuttig toegepast kunnen worden. Tabel 1 geeft een beknopte samenvatting van de scenario's; een uitgebreide beschrijving is terug te vinden in het STOWA rapport 2015-07. Voor het restafval scenario is aanvullend gebruik gemaakt van MerLAP 2002 voor de data inventarisatie. Een herziening van het LCA-onderzoek was noodzakelijk omdat er in voorgaande studie gebruik is gemaakt van reeds gedateerde processen en impact rekenmethoden. Bovendien willen we graag inzichtelijk maken welke factoren in sterke mate de milieu-impact bepalen (ofwel aan welke knoppen kunnen we wellicht draaien), om zo ook toekomstperspectief in te schatten.

Tabel 1 Beknopt overzicht van de scenario's.

Subproces	scenario		
	GFT	Restafval	Riool
Afdanken	Transport van container met vrachtwagen	Transport van container met vrachtwagen	Transport via vermaler en riool (pomp energie)
Bewerken	Bewerking d.m.v. vergisting en extrabiogas productie waardoor eigen energieverbruik reduceert	Bewerking gebeurt via een afvalverbrandingsinstallatie. Inclusief afvoer van vliesgas en rookgasresidu	In huidige RWZI en extrabiogas productie waardoor eigen energieverbruik reduceert
Toepassing	(vergistings) Compost biogas	Toepassing slakken reststof als bouw materiaal zand	Struviet (N, P, Mg en kunstmest)

Om deze evaluatie te kunnen uitvoeren is er gekozen voor de functionele eenheid van afvoer en verwerking van 1 kg voedselresten, conform het onderzoek van STOWA.

In deze methoden worden in ieder geval de 'consumables' meegenomen (de chemicaliën en energie die gebruikt worden), maar ook de infrastructuur van een systeem dat nieuw aangelegd dient te worden. In dit geval gaat het dan alleen om de voedselvermaler. Uiteraard worden verworven extra's, zoals het maken van compost, biogas en dergelijke meegewogen.

Er is geen rekening gehouden met additionele voor- en nadelen op economisch en sociaal gebied (complete duurzaamheidsanalyse), maar ook niet met wat er gebeurt met componenten uit het GFT of restafval scenario die niet meer nodig zijn (minder containers bijvoorbeeld) als voedselresten via het water worden afgevoerd. Hier is met name voor gekozen, omdat deze afname verwaarloosbaar geacht wordt, aangezien er nog steeds sprake zal zijn van afvoer van tuin afval (en vergelijkbaar) via deze routes. Verder zijn de systeemgrenzen zoals beschreven in STOWA 2015-07 aangehouden.

2.2.2 Inventory analyse

De data inventory analyse is geheel gebaseerd op het onderzoek van STOWA en MerLAP2002. In het MerLAP achtergronddocument A14, gepubliceerd in 2002, is als uitgangspunt de afvoer en verwerking van 1 ton GFT genomen; deze data zijn aangepast aan de functionele eenheid gekozen in dit onderzoek (1 kg voedselresten). Veel processen, die zijn beschreven in Ecoinvent en waar het voorgaande onderzoek naar verwijst, bleken inmiddels echter gedateerd te zijn. Met het beperkte budget en de beperkte tijd die er beschikbaar waren zijn deze gedateerde processen zo goed mogelijk vervangen door huidige processen beschikbaar in Ecoinvent 2019. De exacte hoeveelheden en gekozen processen uit de Ecoinvent database zijn opgenomen in bijlage I.I. Een toelichting over deze dataverzameling is beschreven in STOWA 2015-07 en MerLAP 2002. Bij de data inventarisatie bij scenario's eventuele gedragsveranderingen, anders dan aanpassing aan scenario, niet meegenomen.

2.2.3 Impact assessment

De impact assessment is geanalyseerd met behulp van de Recipe-midpoint H methode (Huijbregts et al, 2017). Deze methode vertaalt een 22-tal milieu-effect-categorieën in een drietal endpoint indicatoren (effect op menselijke gezondheid, ecosystemen en uitputting van bronnen). Het is niet gebruikelijk (wetenschappelijk helemaal onderbouwd) om dit vervolgens uit te drukken met behulp van een single score (ecopunten), maar vaak worden deze gegevens ook gegeven, omdat dit de interpretatie vereenvoudigt.

2.3 Resultaten

2.3.1 Verschillen met STOWA onderzoek

In dit onderzoek is het STOWA 2015-07 rapport als basis gebruikt. Er is voor gekozen om dit onderzoek zo goed mogelijk te reproduceren, te herzien, en vervolgens de specifieke onderzoeksvragen uit dit onderzoek op het nieuwe model te toetsen. Omdat het STOWA 2015-07 rapport in het geheel als basis is gebruikt, is het belangrijk om toe te lichten waardoor de behoorlijk grote verschillen veroorzaakt worden.

Er zijn vele datasets betrokken bij het opstellen van een LCA. Aan de inventarisatie van consumabeles (hoeveel energie, chemicaliën verbruik en transport e.d.) is niets veranderd. Maar voor de vertaling van het gebruik van deze consumabeles naar de LCA is een life cycle inventory (LCI) database gebruikt: namelijk EcoInvent (dit is verder toegelicht in de introductie, paragraaf 2.1). In het STOWA rapport is de EcoInvent 2007 database gebruikt, terwijl in de huidige studie versie 2019 is gebruikt. Er mag aangenomen worden dat er een flinke update van de processen en corresponderende systemen is geweest in de tussentijd. Dit kwam ook naar voren uit het feit dat veel van de gebruikte processen in dit onderzoek inmiddels bleken te zijn komen te vervallen en vervangen zijn door andere processen. Met de beperkte informatie en budget beschikbaar, hebben we deze processen omgezet naar processen die worden aangenomen in de Ecoinvent database 2019. Maar door het vervangen van deze processen bleek het al niet meer mogelijk het LCA model uit het STOWA rapport accuraat te reproduceren. Bovendien is ook de Recipe rekenmethode in 2016 sterk herzien (Huijbregts et al., 2017), wat ook kan verklaren dat er een behoorlijk verschil in impact wordt gezien tussen deze studies.

Ook de toepassing van ecopunten om de impact te bepalen kan hierin een rol spelen. Doordat de milieu-impact van een gemiddeld Westers persoon verandert in de tijd, verandert de milieu impact van 1 ecopunt ook in de tijd.

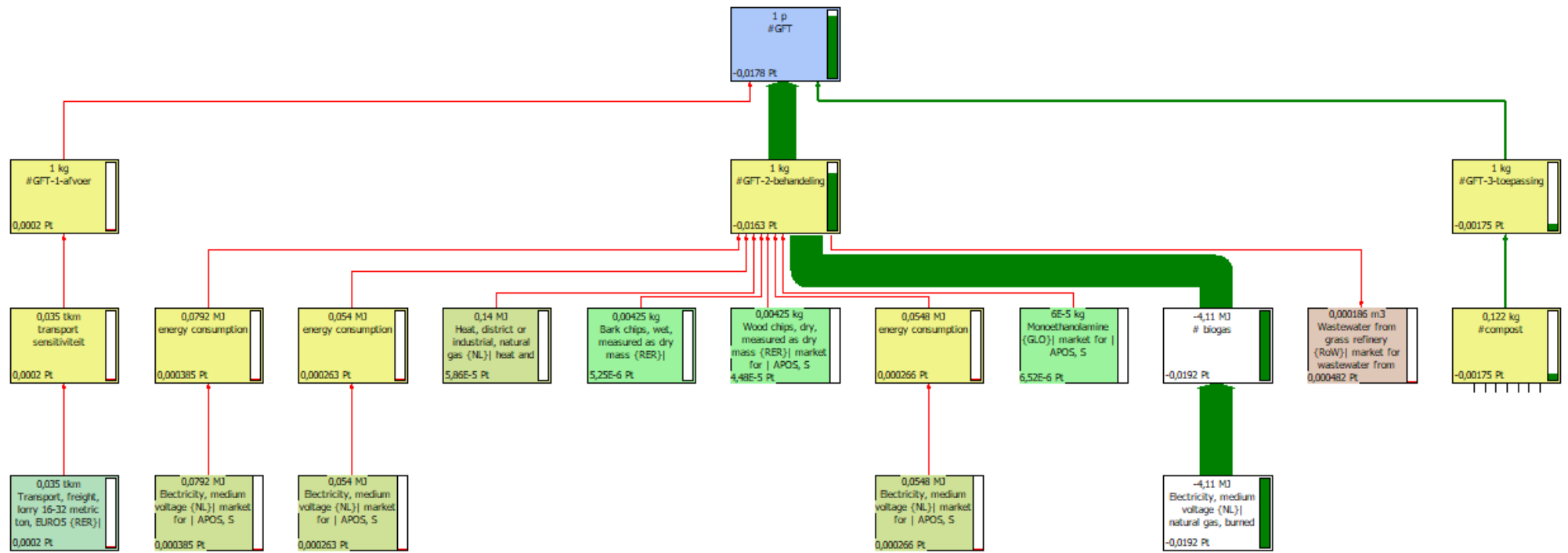
2.3.2 De basis scenario's (boomstructuren)

Er zijn verschillende mogelijkheden om LCA resultaten te bespreken. Het is wenselijk om de verschillen op diverse impact categorieën te tonen (midpoint analyse), omdat deze vertaling van data inventory naar impact getallen behoorlijk betrouwbaar is. Vaak blijkt de interpretatie van deze data echter lastig, want hoe kunnen we effecten op deze verschillende midpoints met elkaar vergelijken? Dit wordt mogelijk gemaakt door de introductie van single points, waarbij door middel van weging er één milieu score uit komt. Ondanks dat deze

score gemakkelijker te interpreteren is, is het nadeel dat er meer onzekerheid aan de dataset wordt toegevoegd, vanwege de vertaalslag van verschillende typen impact naar één overall score. In dit rapport is gekozen om beiden varianten te presenteren.

Figuur 3 geeft een boomstructuur weergave van de ecopunten behorende bij de GFT scenario. Groene lijnen geven een positieve impact weer, rode een negatieve. En hoe dikker de lijn, des te groter de impact. Deze boomstructuur laat zien dat er met name een (positieve) impact in het sub-proces van behandeling verwacht wordt. Dit is direct gekoppeld aan de hoeveelheid biogas die gevormd wordt, die omgezet kan worden naar elektriciteit opbrengst (als gevolg van natural gas, burned in gas motor proces).

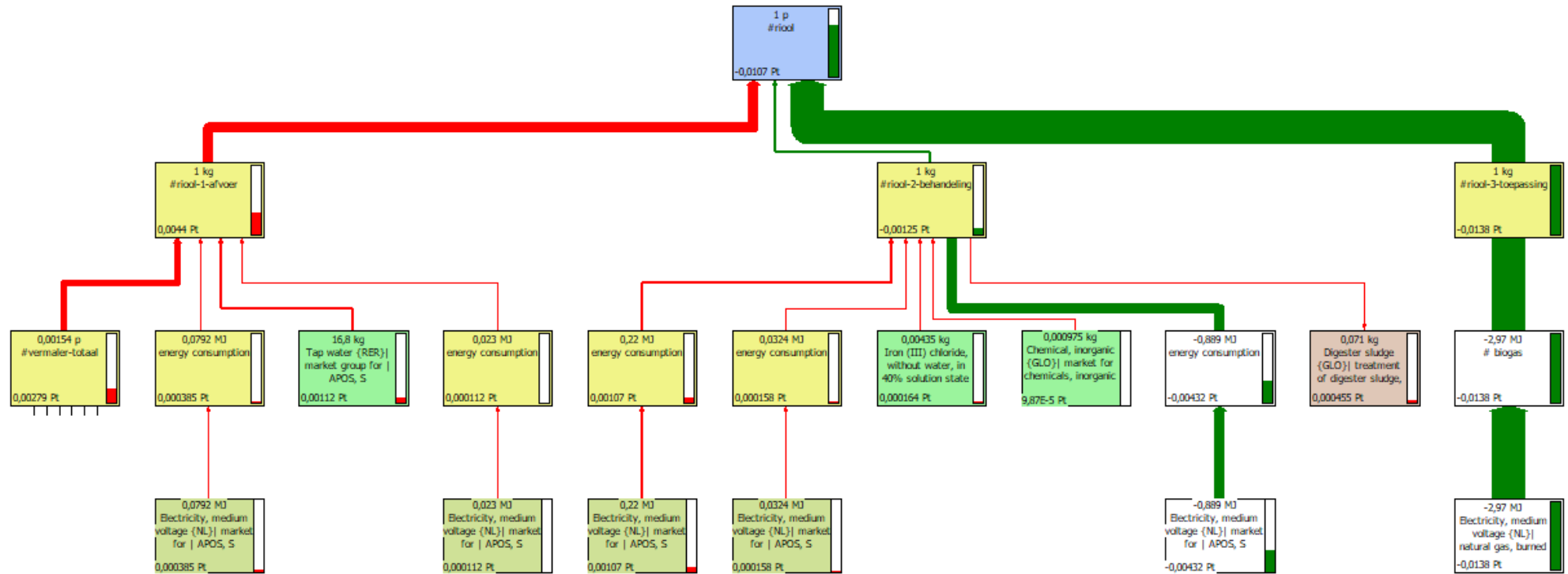
Wanneer voedselresten via het riool worden afgevoerd, met tussenkomst van een vermaler, blijkt uit dit model dat dit een lager milieubelasting heeft dan afvoer via restafval. Dit is echter niet het geval wanneer het vergeleken wordt met afvoer via GFT. In de praktijk blijkt dat in hoogbouw veel voedselresten via de restafvalroute worden afgevoerd. Echter, ook in laagbouw kan dit lokaal het geval zijn. Er zijn zelfs gemeenten die overwegen om afval niet meer gescheiden in te zamelen. Het is dus relevant om per situatie goed in te schatten met welk afvoer methodiek vergeleken moet worden. Mogelijk kan aanvullend onderzoek, met meer inzicht in psychologie/sociologie, hier meer inzicht over geven.



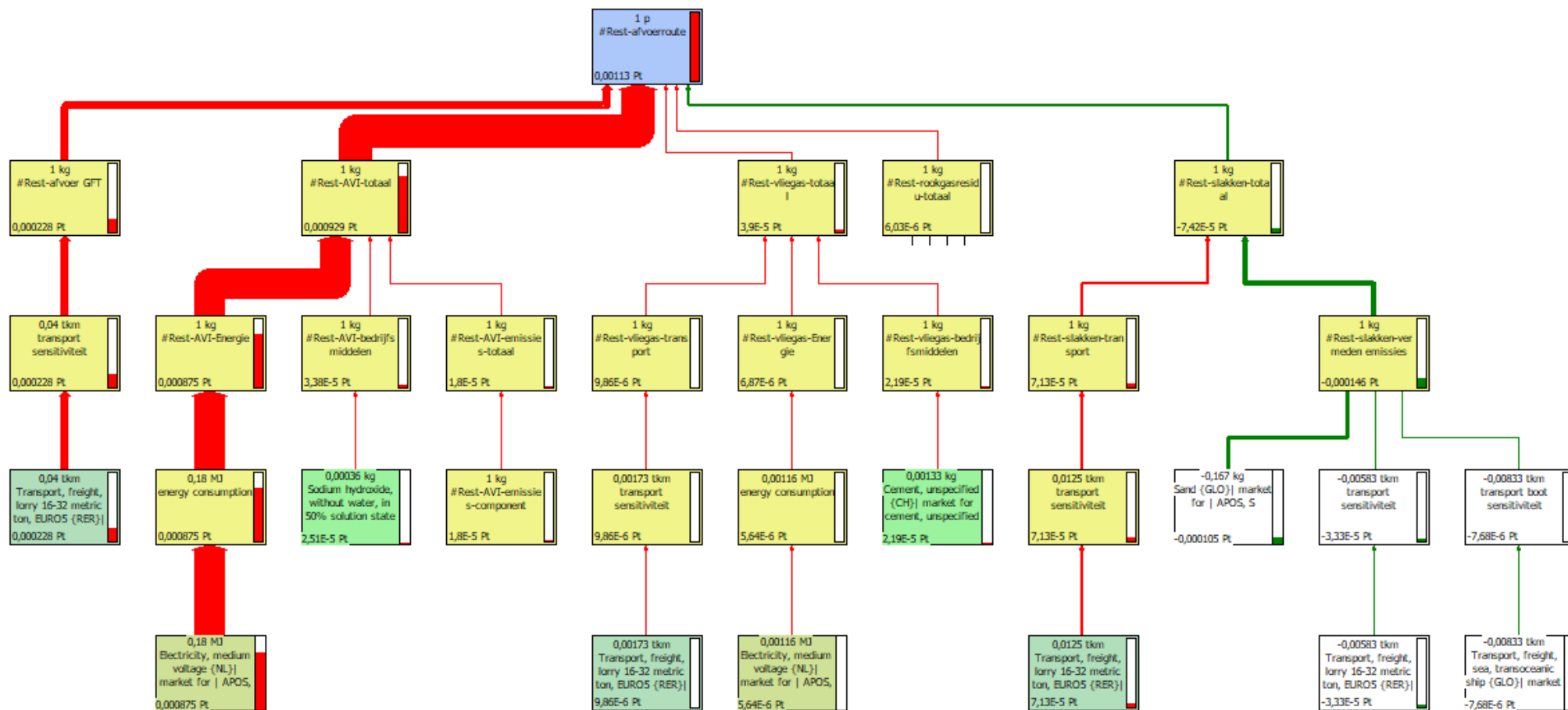
Figuur 3 Boomstructuur weergave van GFT scenario (berekend met Recipe Endpoint H methode). Groene lijnen weerspiegelen een positieve impact, rode een negatieve. Hoe dikker de lijn, des te groter de relatieve impact.

Voor het riool scenario, waarbij voedselresten worden afgevoerd via het riool (met toepassing van een voedselrestenvermaler) is ook een boomstructuur opgesteld (Figuur 4). In overeenstemming met het GFT scenario wordt de meeste milieuwinst behaald door de vorming van biogas, dat zowel biogas kan afzetten (in subproces toepassing), als een voorkomen emissie heeft (energie) omdat het ingezet kan worden in eigen bedrijfsvoering (in subproces behandeling). Toch zijn ook andere factoren die significant negatieve bijdrage aan het milieu-impact leveren, zoals de voedselrestenvermaler en totale energieverbruik.

Een boomstructuur weergave van de milieu impact voor het restafval scenario is weergegeven in Figuur 5. Om de leesbaarheid te vergroten worden alleen processen met een impact groter dan 0,5 gepresenteerd; voor een volledige versie kan bijlage I.II geraadpleegd worden. Het afvoeren van GFT via restafval heeft een negatieve impact op het milieu, ondanks dat er een kleine milieuwinst wordt geboekt door het toepassen van de reststof slakken als zand (-6,6% milieu impact). Voornamelijk de energie consumptie voor de afvalverwerkingsinstallatie (82,4%) en het transport voor de afvoer van GFT (20,2%) zijn verantwoordelijk voor de hoge milieu impact.



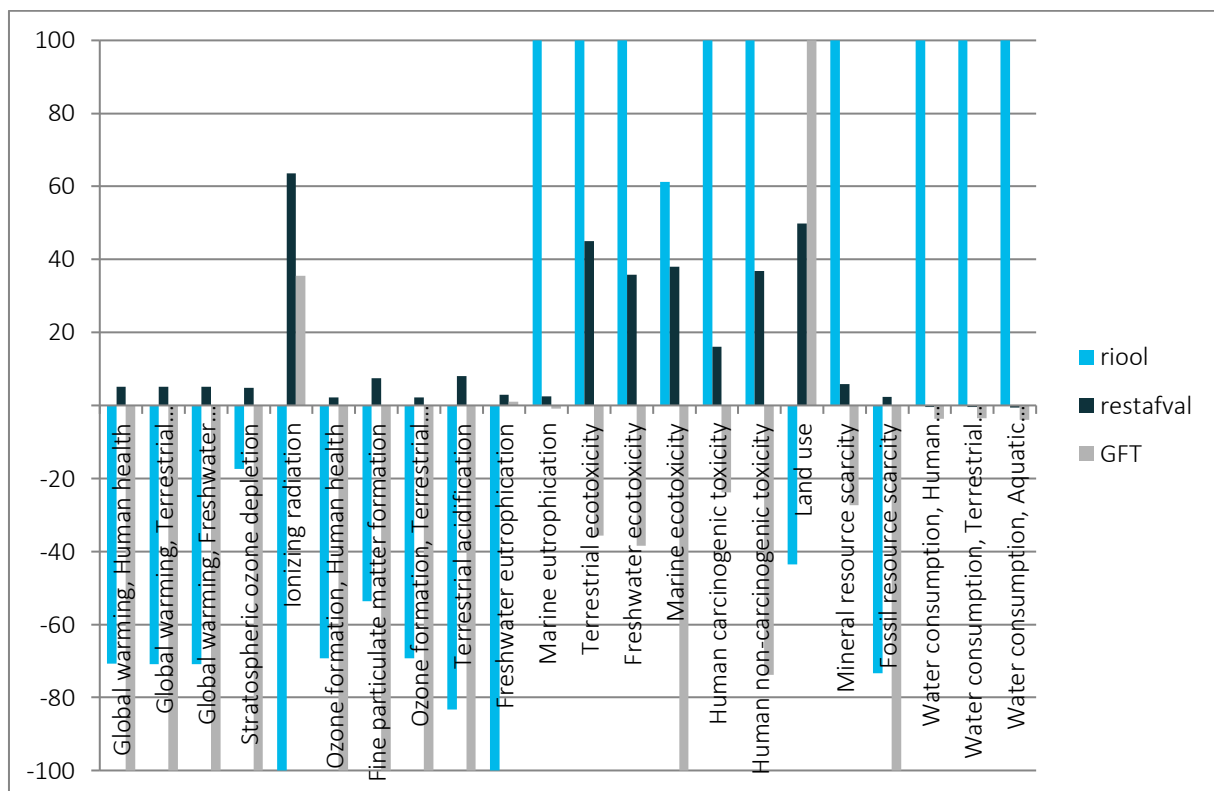
Figuur 4 Boomstructuur weergave van riool scenario (berekend met Recipe Endpoint H methode). Groene lijnen weerspiegelen een positieve impact, rode een negatieve. Hoe dikker de lijn, des te groter de relatieve impact.



Figur 5 Boomstructuur weergave van restafvalroute scenario (berekend met Recipe Endpoint H methode). De threshold voor weergave was een bijdrage > 0,5%. Groene lijnen weerspiegelen een positieve impact, rode een negatieve. Hoe dikker de lijn, des te groter de relatieve impact.

2.3.3 Impact categorieën

Alle scenario's zijn geëvalueerd over 22 midpoint categorieën, zoals samengevat in Figuur 6. In dit model scoort het GFT scenario overwegend beter dan het riool scenario. Er zijn drie uitzonderingen hierop: namelijk voor de midpoints ionizing radiation, eutroficatie in zoetwater en landgebruik. Beide scenario's dragen op verscheidene midpoints niveau zelfs bij aan een verbetering van het milieu. Dit is bijvoorbeeld het geval voor global warming, ozonvorming, verzuring en uitputting van fossiele bronnen. De restafvalroute scoort over het algemeen op alle midpoints met een impact ter verslechtering van het milieu; dit geldt vooral voor de ionizing radiation en ecotoxicity midpoints in het bijzonder.



Figuur 6 characterization among midpoint analyse van de riool, restafval en GFT scenario (waarden zijn uitgedrukt in percentages, waarbij de grootste impact wordt weergegeven als 100%).

2.3.4 Sensitiviteitsanalyse

Er is voor verschillende parameters onderzocht hoe groot hun invloed is op het LCA resultaat: een zogenaamde sensitiviteitsanalyse. Hierbij worden die parameters gevarieerd, om te zien in hoeverre dat leidt tot een andere milieu-impact. De selectie van parameters is ontstaan op basis van de 'hete ijzers' in het boomstructuur diagram van de verschillende scenario's, nieuwe inzichten uit dit onderzoek (beschreven in Muñoz Sierra and Castro-Gama, 2020) en op parameters waarvoor (grove) aannamen moesten worden gemaakt, omdat nauwkeuriger data niet beschikbaar waren. De toelichting wordt per parameter gegeven.

Gezien het feit dat elektriciteitsverbruik een behoorlijke mate van impact kent, is het interessant om te verkennen wat het milieu-impact van de verschillende energiebronnen op deze scenario's is. Het is belangrijk om je te realiseren dat de elektriciteit die gewonnen wordt binnen het scenario afkomstig is van biogas. Dus alleen ingekochte elektriciteit wordt meegenomen in de sensitiviteitsanalyse.

Tabel 2 laat zien dat de impact behoorlijk kan veranderen. Onder de geteste energiebronnen is het verschil voor GFT scenario maximaal ~5% en voor het riool scenario ~23%. Het restafval scenario wordt behoorlijk beïnvloed

door het type energiebron dat gekozen wordt: De impact kan bijvoorbeeld 80% afnemen. Uit deze sensitiviteitsstudie blijkt dat ook de keuze voor een andere (groener) bron van energie niet leidt tot een significante andere afweging.

Tabel 2 resultaten sensitiviteitsanalyse in ecopunten: vorm van elektriciteitsopwekking

Scenario	Basis: Markt (medium)	Gas (medium)	Markt (high)	Wind (high)	Kern (high)	Zon (low)
GFT	-17,8	-17,9	-17,9	-18,7	-18,7	-18,5
Riool	-10,7	-10,6	-10,6	-8,26	-8,25	-8,95
Restafval	1,13	1,09	1,11	0,3	0,298	0,535

In het huidige onderzoek, gepubliceerd in Muñoz Sierra and Castro-Gama, 2020, is aangetoond dat het waterverbruik drastisch verminderd (>40%) kan worden tot een gemiddelde van 10L per dag (per kg voedselresten). Ook de impact van dit onderzoeksresultaat is geëvalueerd. Hierbij is niet alleen de milieu-impact van kraanwatergebruik meegenomen, maar ook de energie die het kost om dit volume te verpompen. We hebben hierbij een versimpelde aanname gemaakt dat er een lineaire relatie is tussen het volume dat verpompt moet worden en de energiekosten. Het reduceren van het waterverbruik levert een verhoging van de milieuwinst door het rioolscenario (Tabel 3). Het verlagen van het waterverbruik heeft uiteraard alleen effect op het rioolscenario en kan in dit model de milieu-impact verder verlagen.

Tabel 3 resultaten sensitiviteitsanalyse in ecopunten: waterverbruik. De ecopunten score voor het GFT en restafvall scenario is -17,8 en 1,13 ecopunten.

Scenario	Basis: 16,8 L	13L	10L	5L	1,2L
Riool	-10,7	-11,0	-11,2	-11,6	-11,8

In het model voor het riool scenario heeft de voedselrestenvermaler een impact van 26%, en dat is dus een significant aandeel. Wanneer de levensduur verlengd kan worden, of er meer voedselresten op één dag verwerkt kunnen worden (zonder dat dit impact heeft op de levensduur), wordt de impact van de voedselresten per functionele eenheid (kg voedselresten) lager. Wanneer het dubbele aan voedselresten wordt verwerkt verbetert de milieu-impact volgens dit model met ongeveer 20% (Tabel 4). Het zou dus lonen om de inzet van deze voedselrestenvermaler te optimaliseren. Dit kan bereikt worden door verlenging van de levensduur, maar eventueel ook door een collectief gebruik van een vermaler. Er kan bijvoorbeeld overwogen worden om meerdere appartementen via één vermaler te laten afvoeren. Het collectief gebruiken van een vermaler, heeft wel wat kanttekeningen: zoals wie is er verantwoordelijk (als het stuk gaat), gebruikersgemak is minder, veiligheid issues, lozen we dan net zoveel voedselresten en wordt er dan nog netjes tot voedselresten beperkt. Oftewel, het gedrag van de gebruiker speelt dan een belangrijke rol. Uiteraard heeft deze sensitiviteitsanalyse alleen betrekking op het riool scenario.

Tabel 4 resultaten sensitiviteitsanalyse in ecopunten: effectiviteit van vermaler (hoeveel voedselresten kan hij verwerken in zijn levensduur). De ecopunten score voor het GFT en restafvall scenario is -17,8 en 1,13 ecopunten.

Scenario	Basis (100%)	150%	200%	400%	800%
Stuk vermaler per kg voedselresten	0,00154	0,001155	0,00077	0,00385	0,00193
Riool	-10,7	-11,4	-12,1	-12,8	-13,1

In het STOWA 2015-07 rapport staan in tabel 3.9 het energieverbruik bij vergisting en nacompostering vermeld. Hier wordt aan toegevoegd dat 'in de praktijk' het energiegebruik voor de voedselresten lager is dan voor het totale GFT afval. De aanname dat energiekosten voor vergisting van voedselresten afval en GFT gelijk zijn, is dan ook een overschatting. Het energieverbruik m.b.t. de vergisting, in het GFT scenario, is daarom onderzocht in

een sensitiviteitsanalyse. Het blijkt uit dit model dat dit nauwelijks een effect heeft de milieu-impact van het GFT scenario (Tabel 5); een reductie van 50% in energieverbruik verbeterd de milieu-impact met maar ~1%.

Tabel 5 resultaten sensitiviteitsanalyse in ecopunten: energieverbruik voor vergisting en nacompostering. De ecopunten score voor het riool en restafval scenario is -10,7 en 1,13 ecopunten.

Scenario	Basis (100%)	75%	50%
Kwh vergisting	0,0214	0,01605	0,0107
Kwh nacomposteren	0,015	0,01125	0,0075
GFT	-17,8	-17,9	-18

In het STOWA rapport is de samenstelling van compost bepaald: hierin zijn componenten als P, N K, veen etc meegenomen. Deze componenten kunnen elders nuttig worden ingezet, bijvoorbeeld als struviet. De voorkomen emissies zijn opgevoerd als de componenten die daadwerkelijk vervangen worden (de vervangingswaarde). Uit het onderzoek van Bolzonella et al., 2003 blijkt dat er sprake kan zijn van grote variatie in N en P gehalte. Uit de boomstructuur analyse (Figuur 3) bleek dat compost een impact heeft van ongeveer ~10%; een sensitiviteitsanalyse leek dus noodzakelijk. We hebben de gemiddelde waarden van Bolzonella et al, 2003 meegenomen, evenals de minimale en maximale N en P waarden uit het literatuuronderzoek dat in dit artikel is beschreven. Het is opvallend dat de verhoudingen waarin N en P variëren vergelijkbaar bleven over de verschillende onderzoeken die opgenomen waren in dit literatuuronderzoek. Er is daarom ervoor gekozen om het gemiddelde van deze verhouding te nemen en daarmee ook alle andere componenten die erin voorkwamen aan te passen (dus niet alleen N en P, maar ook Mg, K, Veen etc.). De verhoudingen van deze uitgangspunten en de resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 6. Het effect van de vervangingswaarde is in basis scenario als '1' gedefinieerd en vervolgens naar rato aangepast voor de sensitiviteitsanalyse. Voor het riool scenario wordt dan geen impact verandering waargenomen, omdat er in dit scenario geen struviet afzet plaatsvindt. Aangezien er geen afzet is van compost in het restafval en riool scenario, wordt dit scenario vanzelfsprekend niet beïnvloed bij het aanpassen van de vervangingswaarde.

Tabel 6 resultaten sensitiviteitsanalyse in ecopunten: effectiviteit van compost. Het effect van de vervangingswaarde is in basis scenario als '1' gedefinieerd en vervolgens naar rato aangepast voor de sensitiviteitsanalyse. De ecopunten score voor het riool en restafval scenario is -10,7 en 1,13 ecopunten.

Scenario	Basis	Bolzonella 2003	Minimale waarde	Maximale waarde
vervangingswaarde	1	0,625	0,25	4,2
GFT	-17,8	-17,2	-16,5	-23,5

Bij afdanking van het GFT afval via het GFT en restafval scenario vindt er transport per vrachtwagen plaats. Uit de boomstructuur van het restafval scenario (Figuur 5) blijkt dat het transport verantwoordelijk is voor ~20% van de milieu impact. De afstand van GFT transport per vrachtwagen heeft maar een minimaal effect op de totale milieu impact van het GFT scenario, maar is wel significant voor het restafval scenario (Tabel 7). Het aanpassen van de afstand waarover een vrachtwagen moet rijden met 1 kg GFT afval heeft uiteraard geen effect op het riool scenario. Het algemene beeld van deze scenario's verandert echter niet als gevolg van andere transportafstanden.

Tabel 7 resultaten sensitiviteitsanalyse in ecopunten: transport per truck ten behoeve van afdanking. De basis waarde voor de GFT scenario is 35 km, voor restafval is dat 40km. De ecopunten score voor het riool scenario is -10,7 ecopunten.

Scenario	10 km	20 km	35 km	40 km	60 km
GFT	-18,0	-17,9	-17,8	-17,8	-17,7
Restafval	0,957	1,01	1,1	1,13	1,24

2.4 Conclusie

Er zijn verschillende alternatieven voor het afvoeren van voedselresten; voorbeelden zijn via GFT, restafval of via het riool. Bij afvoer via GFT afval of riool is er sprake van milieuwinst, gezien de vorming van o.a. compost. Het afvoeren van voedselresten via de restafvalroute heeft een negatieve impact op het milieu. Het afvoeren van voedselresten wordt vooral overwogen in hoogbouw, en daar vindt afvoer van voedselresten vooral via restafval plaats. In dit model scoort afvoer van voedselresten via het riool fors beter dan afvoer via restafval. Vooral de kwaliteit van het compost en de vermaler lijken een grote impact te hebben op de totale milieulast. Het advies is dan ook om vooral in te zetten op mogelijkheden om de (milieu)last van vermaler op de afvoer te verminderen: dit kan door levensduurverlening of eventueel collectief inzetten van een vermaler. Er moet dan wel onderzocht worden of door slimme keuzes in voedselresten die wel/niet afgevoerd mogen worden de compost kwaliteit verbeterd kan worden. Additioneel onderzoek naar het gedrag van gebruikers, en of voedselresten via de restafvalroute of GFT route worden afgevoerd, geeft meer inzicht over

3 Juridische en governance aspecten

3.1 Introductie

3.1.1 Aanleiding

Zoals eerder ook gesteld vermaalt een voedselresten-vermalder (VRM) etensresten met water tot een vloeibare afvalstof welke vervolgens op het afvalwater geloosd wordt. Het gebruik van een VRM kan de stroom groente en fruit (gf) afval in het restafval aanzienlijk verkleinen. Dit is interessant, gezien de natte fracties van gft afval de verwerking van droge fracties kan beïnvloeden. Daarnaast kan een inzameling via het riool mogelijk ook composteer voordelen met zich meebrengen. Echter het gebruik van een VRM is in Nederland tot op heden verboden. In dit hoofdstuk zullen de achtergrond van dit verbod en de uitzonderingen hierop worden besproken (paragraaf 2 en 3). Daarna zal worden besproken hoe het gebruik van een VRM mogelijk past binnen circulair denken en hoe dit aansluit bij het huidige beleid. In de laatste twee paragrafen van dit hoofdstuk zullen de risico's en verantwoordelijkheden bij de installatie van VRM's worden besproken.

3.1.2 Methode

Dit hoofdstuk is samengesteld op basis van grijze literatuur, witte literatuur en interviews en gesprekken met betrokken instanties.

3.2 Afvalscheiding in Nederland

3.2.1 Afvalscheiding in de circulaire economie

In Nederland en Europa staat de circulaire economie prominent op de maatschappelijke en politieke agenda. Eind 2012 werd in het Regeerakkoord gesteld dat het kabinet streeft naar een circulaire economie en dat het de (Europese) markt voor duurzame grondstoffen en hergebruik van schaarse materialen wil stimuleren. Dit is uitgewerkt in het programma 'Van Afval naar Grondstof' (VANG) van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M, 2013, 2014). In het programma VANG zijn beleidsdoelen opgenomen met betrekking tot het omgaan met natuurlijke bronnen; zuinig omgaan met grondstoffen; het slim ontwerpen van producten; het langer en meerdere keren gebruiken van producten; en het optimaal benutten van reststromen (CPB, 2016). Een aantal van deze beleidsdoelen zijn geconcretiseerd in streefwaarden voor recycling en preventie. Het kabinet streeft bijvoorbeeld naar een gescheiden huishoudelijk afvalverwerking van 75% van het afval in 2020 (I&M, 2014).

Deze doelen passen binnen de Nederlandse beleidstraditie voor de omgang met afvalstromen. Hier geldt sinds 1979 een gewenste afval hiërarchie 'de ladder van Lansink'. Het algemene idee van deze ladder is dat minder milieubelastende afvalbehandelingen de voorkeur moeten krijgen boven meer milieubelastende afvalbehandelingen. De ladder is in 2008 opgevolgd door de Europese Kaderrichtlijn afvalstoffen. Hierin geldt de volgende afvalhiërarchie: (i) preventie; (ii) hergebruik; (iii) recycling; (iv) verbranding met energietेरugwinning; (v) verbranding zonder energietेरugwinning; en (vi) storten (CPB, 2016).

Ook op gemeentelijk niveau worden er ambities geuit op het gebied van afvalscheiding en recycling. In het 'Publiek Kader huishoudelijk afval 2025' is gesteld dat de gemeenten en gemeentelijke afvalbedrijven streven naar 75% afvalscheiding en hierna een vervolgstap willen maken naar bijna volledige circulaire economie, die lonend is voor wie daar aan bijdraagt. Iedere gemeente heeft de vrijheid om op basis van de specifieke situatie

en omstandigheden een eigen afweging te maken bij de keuze voor gescheiden inzameling van monostromen of 'slimme mengsels', dan wel voor inzameling van huishoudelijk restafval gevolgd door nascheiding (RWS, 2017)¹.

3.2.2 Huishoudelijke afvalstromen

Om op nationaal niveau meer te kunnen recycleren kunnen er vooral verbeteringen worden doorgevoerd in het recyclingpercentage bij de consumenten thuis. Kenmerkend voor afvalstromen van consumenten is dat het gaat om gemengde afvalstromen en om afvalstromen met een geringe omvang per locatie. Als gevolg hiervan is recycling van huishoudelijk afval in vergelijking met andere sectoren (bijv. industrie) vanwege hogere transportkosten relatief kostbaar. Daarbij gaat het naast hogere inzamelingskosten ook om de moeite die huishoudens moeten doen om afval te scheiden. Deze transactiekosten kunnen afhankelijk van ruimtelijke omstandigheden en de beschikbare tijd aanzienlijk verschillen tussen verschillende (typen) huishoudens. Huishoudens in grotere steden recycleren vaak slechts 30% van het afval, terwijl huishoudens in kleinere steden of landelijk gebied vaak meer dan 50% recycleren (Dijkgraaf en Gradus, 2014).

Daarnaast wordt de prikkel om afval te scheiden voor huishoudens beperkt doordat zij een vast bedrag per jaar betalen voor het ophalen en verwerken van restafval. Aangezien het vullen van de 'grijze bak' geen aanvullende kosten met zich meebrengt is er aan afvalscheiding momenteel geen financieel gewin te behalen voor huishoudens (CPB, 2016).

3.2.3 Scheiden bij de bron

In Nederland wordt huishoudelijk afval gescheiden op basis van het 'scheiden bij de bron' beginsel. Dit heeft vooral bij vaste afvalstoffen een lange traditie. In de meeste huishoudens betreft deze scheiding gft (groente-, fruit- en tuinafval), papier, glas, klein chemisch afval, etc. Door de scheiding is een efficiënte verwerking en hoogwaardig hergebruik van deze stromen mogelijk. De natte afvalstroom, afkomstig uit menselijke stofwisseling en huishoudelijke werkzaamheden, wordt ingezameld via de riolering en verwerkt op de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) (Kamerstuk 27664:40, 2005).

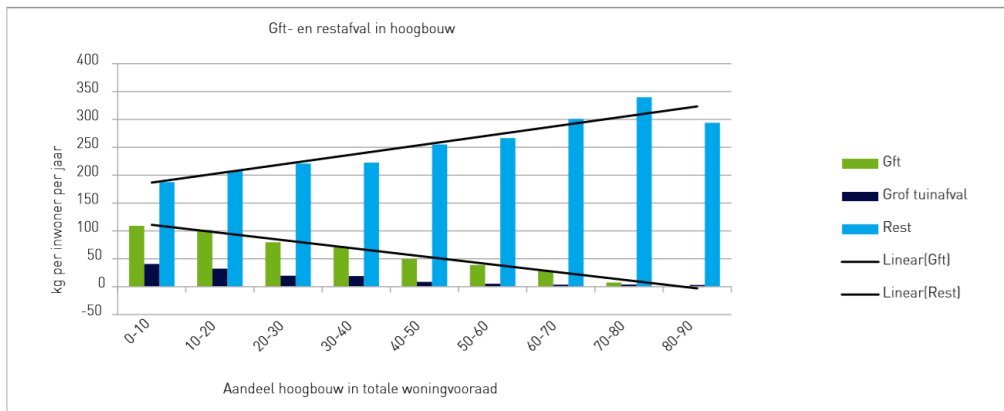
In de regel geldt dat afvalscheiding redelijk is wanneer de meerkosten voor scheiding lager zijn dan € 45,- per ton ten opzichte van de kosten van inzameling en verwerking van het restafval. Dit is voor gft afval zeker het geval (RWS, g.d.). Gescheiden gft-afval wordt verwerkt tot compost. Wanneer er geen scheiding bij de bron plaatsvindt, raakt dit zodanig verontreinigd dat dit niet meer mogelijk is. Recycling van gft-afval is dus alleen mogelijk als er bronscheiding plaatsvindt. Daarnaast beïnvloeden de natte fracties van gft afval ook de recycling van droge componenten in rest afval (RWS, 2017).

Gft inzameling

In 2012 werd 50% van het huishoudelijk afval gescheiden. Gft afval is hierin de fractie met de grootste verbeterpotentie: 38% van de kilogrammen restafval bestond in 2012 nog uit gft (RWS, 2013). Uit een inventarisatie van verschillende studies door de Vereniging Afvalbedrijven blijkt dat het grootste deel van de voedselresten (groente en fruitafval, gf) momenteel nog in het restafval belandt. De hoeveelheid voedselresten in restafval wordt geschat op 53- 75 kilogram per inwoner per jaar (Vereniging Afvalbedrijven, 2014). Wanneer verwerkt via de restafval route is composteren niet langer mogelijk.

¹ Dit standpunt betekent echter niet dat gft-afval gemengd met het rioolwater mag worden afgevoerd naar de RWZI. Dit mag alleen gemengd worden afgevoerd in een aparte verwerkingsstroom (zie paragraaf 3).

De Vereniging Afvalbedrijven concludeert daarnaast ook dat er maar weinig gemeenten zijn waar gft afval in de hele stad wordt ingezameld. Tevens blijkt het inzamelen van gf(t) afval in hoogbouw een uitdaging voor gemeenten (Vereniging Afvalbedrijven, 2014). In figuur 1-1 is zichtbaar dat hoe hoger het aandeel hoogbouw in een gebied, hoe meer restafval er wordt ingezameld. Tegelijkertijd neemt de hoeveelheid gft afval juist af. Dit verschil kan deels verklaard worden doordat mensen in hoogbouw over het algemeen geen tuin(afval) hebben. Een andere mogelijke verklaring is dat er meer gf afval in het restafval verdwijnt.



Bron: Op basis van gegevens CBS 2014 en Syswov 2012.

Figuur 1-1: Inzameling gft- en restafval in hoogbouw (Vereniging Afvalbedrijven, 2014, p. 13).

3.3 VRM's

3.3.1 Wetgeving

Het gebruik van een VRM kan een alternatief vormen voor het inzamelen van gft-afval bij huishoudens. VRM's zijn echter verboden in Nederland. Het verbod op het lozen via een VRM werd in 1987 opgenomen in de Model Lozingsverordening Riolering van de VNG. Deze werd door vrijwel alle gemeenten gehanteerd en verschaftte voorschriften waar lozingen op de riolering aan moesten voldoen. Deze voorschriften werden destijds opgesteld ter bescherming van de riolering; in het belang van een doelmatige werking van de afvalzuivering; en ter bescherming van de kwaliteit van het oppervlaktewater (Kamerstuk 27664:40, 2005).

Deze regels zijn bij de implementatie van de Europese Richtlijn Stedelijk Afvalwater (EU/91/271) overgenomen in de nationale wetgeving. Dit betrof zowel afvalwater vanuit huishoudens, als vanuit bedrijfsmatige activiteiten. Het verbod op het lozen via een voedselvermaler is dan ook in verschillende besluiten op grond van de Wet milieubeheer terug te vinden (Kamerstuk 27664:40, 2005).

Ook uit het momenteel geldende 'Activiteitenbesluit milieubeheer' blijkt dat afvalwater dat afvalstoffen bevat dat door versnijdende of vermalende apparatuur is versneden niet geloosd mag worden (zie artikel 3.131, lid 3, paragraaf 3.6.1). Dit besluit wordt verder toegelicht op de website van Kenniscentrum InfoMil (Rijkswaterstaat). Particulieren mogen geen afvalwater via een voedselvermaler lozen in het vuilwaterriool of septic tank (InfoMil, n.d.).

Handelsbeperking

In 1997 is het verbod door het Amerikaanse bedrijf In-Sink-Erator/Emerson ter discussie gesteld bij toenmalig minister de Boer van VROM. In-Sink-Erator/Emerson beargumenteerde dat er een handelsbelemmering gold

voor de in- en verkoop van voedselvermalers. Dit heeft niet geleid tot een wijziging in het beleid, gezien het verbod geen betrekking heeft op het aankopen of bezitten van een vermaler, maar slechts op het lozen op de riolering. Daarom kan het verbod niet als handelsbeperking wordt beschouwd volgens het ministerie. In de praktijk leidt het verbod ertoe dat voedselvermalers nagenoeg niet worden toegepast (Kamerstuk 27664:40, 2005).

Verbod

Naar aanleiding van het besluit 'Lozing afvalwater huishoudens' is het verbod gehandhaafd. Dit heeft de staatsecretaris van VROM in 2005 toegelicht (Kamerstukken 27664: 37 & 40, 2005). Het belangrijkste argumenten dat hierbij genoemd werd is dat het Nederlandse afvalbeleid gestoeld is op het uitgangspunt 'afvalscheiding bij de bron'. Het afvoeren van vaste afvalstoffen via een 'natte route' staat hier haaks op en het verlaten van dit uitgangspunt werd niet in het belang gezien van afvalverwerking en milieu. Daarnaast vormt de lozing van vermalen voedselresten een extra belasting voor het afvalwatersysteem. Een verhoging van de belasting op dit systeem zal voor een verhoging van emissies leiden zowel via de overstorten als via de effluentlozingen (mede door de toename van organisch afval in het afval water). Dit wordt door het ministerie als ongewenst beschouwd. In 2006 zei toenmalig staatssecretaris Van Geel hierover: *"Het afvalwatersysteem wordt met de lozing van vermalen voedselresten extra belast. Elke verhoging van de belasting van dit systeem zal leiden tot een verhoging van de emissies vanuit dit systeem zowel via de overstorten als via de effluentlozingen. Dit acht ik vanuit het «stand still» beginsel ongewenst."*

Meer recentelijk heeft ook het STOWA de verschillende verwerkingsroutes van voedselresten onderzocht. Dit is gedaan door middel van een Life Cycle Assessment (LCA) van de verschillende verwerkingsroutes voor voedselresten. De onderzochte routes hierin zijn: afvoer via restafval gevolgd door verbranding in een afvalverbrandingsinstallatie (AVI); afvoer via bron-gescheiden inzameling van gft-afval, gevolgd door vergisten en composteren; afvoer na vermalen via een ongescheiden rioolstelsel en verwerking in een RWZI; afvoer na vermalen via een gescheiden rioolstelsel en verwerking in een RWZI. Uit deze studie is gebleken dat een bron-gescheiden inzameling gevolgd door composteren en vergisten de meest milieu-hygiënische wijze van afvalbeheer is (Odegard et al., 2015).

Deze LCA focust echter enkel op de milieueffecten van de verschillende afvalroutes. Andere voor- en nadelen, zoals prijs of gemak, worden er niet in mee genomen. Daarnaast is de LCA opgesteld vanuit het perspectief van het huidige systeem. Er is gekeken naar marginale veranderingen waarbij de kosten voor bijvoorbeeld VRM's zijn meegenomen, maar die voor de kraakwagens (die reeds in gebruik zijn om het afval mee op te halen) niet. In een dergelijk 'attributorial' of 'incremental' LCA wordt er geen rekening gehouden met systeemveranderingen als gevolg van een transitie naar grootschalige toepassing van VRM's. Deze LCA geeft dan ook niet weer hoe een systeem waarin de 'nieuwe waterketen' (ook wel nieuwe sanitatie genoemd) wordt toegepast, zich milieukundig verhoudt tot het bestaande systeem. Ook wordt er geen onderscheid gemaakt tussen verschillende locaties in Nederland of de verschillen tussen laag- en hoogbouw.

3.3.2 Mogelijkheden tot opheffen verbod

In de huidige wet- en regelgeving zijn enkele afwegingen opgesteld die voorafgaan aan een bepaling over bronscheiding van huishoudelijk afval. Deze zijn uiteengezet in het Landelijk Afvalbeheerplan (LAP3) (RWS, 2017). Op basis van de eerder genoemde LCA studie concludeert Rijkswaterstaat in het LAP3 dat bron-gescheiden afval inzameling, gevolgd door composteren en vergisten de meest milieuhygiënische manier is om met gft afval om te gaan. Naar aanleiding hiervan is er in het LAP3 opgenomen dat de uitkomsten van de LCA-studie geen aanleiding geven om de huidige regelgeving rond de afvoer en verwerking van voedselresten aan te passen. Momenteel lopen er twee pilots met VRM's in Amsterdam en Apeldoorn. Echter, Rijkswaterstaat acht

het opzetten van nieuwe pilots, zolang de bestaande niet leiden tot nieuwe inzichten, niet wenselijk (RWS, 2017, p.100).

Dit is opvallend, gezien de eerder genoemde generieke aanpak van de LCA en de regionale verschillen in inzameling en succes wat betreft afvalscheiding. In de LCA zelf wordt dan ook gesteld: “De huidige LCA-studie kan dienen als basis voor een studie over milieueffecten voor een specifieke locatie, inclusief systeemveranderingen” (Odegard et al., 2015, p. 69). Dit advies lijkt niet overeen te komen met het gevoerde beleid, dat verdere pilotstudies ontmoedigt.

Toch behouden gemeenten en andere betrokken partijen de mogelijkheid gebieden uit te zonderen van gescheiden inzameling van specifieke afvalstoffen (e.g. gft-afval). Gemeenten houden dus ruimte om binnen de landelijke kaders en doelstellingen eigen invulling te geven aan afvalscheiding bij de bron (RWS, 2017). Hiervoor is een aanpassing in de lokale rioolverordening nodig. Dit vereist een gebied-specifieke invulling (Ververs, 2019). Dit houdt echter wel in dat het afvalwater apart wordt ingezameld en verwerkt en dus niet op de RWZI.

Belangrijkste obstakels voor het opheffen van het verbod zijn:

- Uitgangspunt afvalstoffenbeleid: gescheiden inzameling. Dit uitgangspunt lijkt voort te komen uit een hergebruikperspectief.
- Extra belasting van het afvalwater systeem: zowel risico op verstopping als extra emissies bij de verwerking en kans op overstort met dit afvalwater.
- Uit een LCA studie is gebleken dat bron-gescheiden inzameling gevolgd door composteren de meest milieu-hygiënische wijze van afvalbeheer is.

Mogelijke kansen voor wijziging beleid:

- Succesvolle implementatie in pilots lijkt een mogelijkheid te bieden tot wijziging beleid.
- Het kunnen aantonen dat de gemengde afvalstroom geen extra belasting oplevert voor de RWZI is een belangrijk onderdeel voor een mogelijke beleidswijziging.
- VRM's lijken vooral interessant voor gebieden met veel hoogbouw of waar geen gft-inzameling plaatsvindt.
- Gemeenten hebben de mogelijkheid gebieden uit te zonderen van gescheiden inzameling van specifieke afvalstoffen (e.g. gft-afval). Gemeenten houden dus ruimte om binnen de landelijke kaders en doelstellingen eigen invulling te geven aan afvalscheiding bij de bron (RWS, 2017). Dit houdt in dat het rioolwater in een aparte stroom wordt verwerkt (niet via de RWZI).

3.4 Verdeling verantwoordelijkheden en kosten & baten

Naast dat het gebruik van VRM's impact heeft op de afvalstromen vanuit huishoudens, zijn er ook andere (mogelijke) implicaties van deze techniek. Met de introductie van VRM's komen er ook nieuwe verantwoordelijkheden op waaronder de verantwoordelijkheid voor de risico's bij gebruik, voor de investering in apparatuur en voor de geluidsoverlast. Daarnaast kunnen er bij het grootschalig gebruik van VRM's ook nieuwe baten ontstaan.

3.4.1 Risico's bij gebruik

Risico's met betrekking tot het gebruik van VRM's zijn vooral gerelateerd aan verstopping van de afvoerleidingen. Over het algemeen is dit risico de verantwoordelijkheid van de gebouweigenaar. De rioolbeheerder is verantwoordelijk tot de perceelgrens. In het geval van een verplichte aanschaf van een VRM (bijvoorbeeld in een nieuwe wijk), blijkt het onderhoud van het leidingwerk tot de erfgrans een juridisch grijs gebied (In het geval van een vrijwillige deelname is dit niet het geval). Dit kan worden opgelost door de verantwoordelijkheid van de rioolbeheerder uit te breiden met een privaatrechtelijke afspraak over beheer en onderhoud. In het geval van een pilotstudie kan dit het geval zijn. In een dergelijk geval kan de rioolbeheerder zelf, of een onderaannemer, het beheer van de gebouwriolering op zich nemen. In een geval van een pilot studie kan dit worden gedaan om de risico's voor de huiseigenaren bij deelname aan de pilot zo klein mogelijk te maken.

3.4.2 Verantwoordelijkheid investering apparatuur

De extra investeringen aan apparatuur, kunnen op verschillende manieren verdeeld worden. Wie deze investering zal dekken hangt ten eerste af van het eigendom van de woning. Als dit een koopwoning is lijken deze kosten voornamelijk door de eigenaren zelf gedragen te moeten worden. Echter, wanneer dit binnen een pilot of nieuwbouw project valt, waar de installatie van VRM's was meegenomen in pilot, kan dit voor frictie leiden. Artikel 122 van de Woningwet bepaald dat je niet meer van woningeigenaren mag vragen dan is vastgelegd in het bouwbesluit. Als gevolg hiervan kunnen woningeigenaren (of potentiële woningeigenaren in het geval van nieuwbouw), niet worden gedwongen tot de installatie van een VRM, tenzij dit is meegenomen in het bouwbesluit. Of dit een probleem oplevert is ook afhankelijk van de verdeling van verantwoordelijkheden tussen de toekomstige bewoners, projectontwikkelaar en de gemeente (zie hoofdstuk 5). Wanneer de projectontwikkelaar een totaal systeem aanbiedt, waarbij alles reeds bij de koopprijs is inbegrepen, kan dit probleem voorkomen worden. Een bijkomend voordeel is dan ook dat alles goed op elkaar kan worden afgestemd (Stowa, 2019).

Ook in het geval van huurwoningen kunnen vergelijkbare problemen worden voorkomen. Door de VRM's reeds in de woningen te installeren, kunnen aanschafkosten worden meegenomen in de huurprijs. De huurder weet dan vooraf waar hij/zij voor tekent.

3.4.3 Geluidsoverlast

In de NEN 1070 is een algemene maximale geluidsnorm opgenomen van die van toepassing is op VRM's van 40 dB in de (naastgelegen) ruimtes. Bij hoogbouw komt hier verder bij dat er moet worden voldaan aan het Bouwbesluit, waarbij er in het aangrenzende appartement een maximale geluidsnorm van 35 dB geldt. Daarnaast is bij koopwoningen vaak een Woningborg of SWK garantie van toepassing, inclusief een normstelling voor het maximale geluid binnen een woning.

VRM's maken over het algemeen veel meer geluid dan deze 40 dB (Stowa, 2019).

3.4.4 Verdeling van de baten

Hoe de baten van efficiëntere vergisting terecht komen is afhankelijk van de project afspraken die gemaakt worden. Er zijn een tweetal belangrijke baten te benoemen. Ten eerste zijn er de baten die de afvalvergisting opleveren. Hoe deze verdeeld worden is op basis van huidige pilots en projecten moeilijk in te schatten. Deze projecten zijn relatief klein, waardoor de verschillen bij de RWZI niet of nauwelijks merkbaar zijn/zullen zijn. Wanneer er sprake is van een aparte vergisting, los van het RWZI, zijn deze baten beter meetbaar. Echter zijn ook deze, in het geval van een pilot project, nog van minimale schaal.

Wanneer er een opschaling van het gebruik van VRM's zal plaats vinden zullen de baten mogelijk in eerste instantie bij de RWZI's terecht komen. Mogelijk vloeien deze terug naar burgers en woningcorporaties doordat burgers een korting ontvangen op hun afvalstofheffingen, ter compensatie van de installatiekosten (mogelijke maatregel).

Andere baten die te verkrijgen zijn uit het gebruik van VRM's zijn te beschrijven als het niet maken van kosten voor het ophalen van gf(t) afvalstromen. Wanneer het gebruik van VRM's op grote schaal geïmplementeerd zal worden zullen de kosten voor het ophalen van gft omlaag gaan (Ververs, 2019). De gescheiden inzameling van afvalstromen is een hoge kostenpost, die vergaande recycling van stromen vermoeilijkt. Uit een literatuurstudie van het CPB (2016) is gebleken dat minder recycling van huishoudelijk afval over het algemeen gezien beter is dan meer². Dit inzicht is vooral gestaafd op de relatief hoge kosten die separate inzameling van afval met zich meebrengt. Dit maakt dat meer recycling van restafval op maatschappelijk niveau niet rendabel is. Daarnaast zijn de externe effecten (milieuschade) van afvalverwerking te laag om een hoger percentage recycling te rechtvaardigen (CPB, 2016). Het gebruik van een VRM kan dus in potentie baten opleveren met betrekking tot efficiëntere vergisting, maar ook met betrekking tot het besparen van kosten voor gescheiden inzameling.

² De literatuurstudie van het CPB onderzocht niet of recycling überhaupt rendabel is, maar of méér recycling rendabel is (CPB, 2015).

3.5 Voorbeelden pilot projecten

Verdeling van verantwoordelijkheden: Reitdiep, Groningen

Bij kavelbouwproject Reitdiep in Groningen, leverde de geplande installatie van VRM's in een zelfbouw-kavel-project problemen op. In dit project was de installatie van VRM's door de kaveleigenaren zelf gewenst. Echter, bleken de installateurs een veel hogere prijs te vragen voor de installatie hiervan dan vooraf verwacht, waardoor een bewoner de installatie van een VRM juridisch heeft aangevochten. Als gevolg hiervan stuurt de gemeente nu aan op een vrijwillige deelname (Stowa, 2019).

Governance: Pilot Gaasperdam

Doel

Van 2012-2015 is Waternet bezig geweest met het voorbereiden van een pilotstudie naar VRM's. Het doel van de studie was het effect van het gebruik van VRM's op het functioneren van de riolering te meten. Hierbij was de achterliggende grotere toekomstvisie met betrekking tot de circulaire economie een drijfveer voor het opzetten van dit project. Het voordeel van het gebruik van een VRM is dat het kan bijdragen aan een transitie naar een circulaire economie, zonder een gedragsverandering van de gebruiker te vereisen. Daarnaast had het project ook raakvlakken met vraagstukken rondom decentrale zuivering van afvalwater, gezien het afvalwater in dit project ontkoppelt werd en apart gecomposteerd. De keuze voor deze ontkoppeling was daarnaast ook praktisch: de locatie was geschikt voor decentrale vergisting omdat deze ver van de RWZI aflag. Daarnaast zouden de effecten, omdat het om een kleine pilot studie ging (200 huishoudens), de RWZI lastig/niet in kaart te brengen zijn.

Opzet

De gekozen locatie voor de pilot was een bestaande bouw locatie in Amsterdam Zuidoost. Het betrof een serie flats gebouwd rond 1970. Deelnemende partijen in de pilot waren de stadsdelen (inmiddels opgeheven), de rioolbeheerder (Waternet), InSinkerator, het afvalenergiebedrijf, en bewoners. Tijdens de voorbereiding van het project is er contact gezocht met de woningcorporaties, maar deze waren uiteindelijk niet geïnteresseerd in deelname. Daarom is er gekozen voor privé woningen. Iedere woning zou binnen de pilot een VRM krijgen en deze zou ook geïnstalleerd en eventueel onderhouden worden. De aanschafkosten van de VRM's zouden in het project gedekt worden door InSinkerator.

Moeilijkheden

Ondanks de uitgebreide gesprekken ter voorbereiding, is het project niet doorgegaan. Eén van de belangrijkste obstakels hiervoor was het eigenaarschap over het project. Waternet, de initiator van het project, is verantwoordelijk voor de riolering, maar voelde zich niet geschikt als projecttrekker. Deze rol zou beter aansluiten bij de stadsdelen, gezien zij betrokken zijn bij alle stappen van het proces. Echter waren de stadsdelen in deze periode voornamelijk een uitvoerende organisatie, welke meer vanuit huidige praktische kennis opereerden en minder toekomst gericht werkten. De centrale stad had destijds ook een projectgroep die een dergelijk project zouden kunnen trekken, maar deze bleken ook niet in staat dit te doen.

4 Referenties

4.1 Literatuur

Baayen, H. (2000) Eco-indicator 99; manual for designers; A damage oriented method for Life Cycle Impact

BOLZONELLA, D., P. PAVAN, P. BATTISTONI and F. CECCHI 2003. The under sink garbage grinder: A friendly technology for the environment. Environmental Technology Volume 24 2003 issue 3.

CENTRAAL PLANBUREAU - CPB, 2016. Een verkennend onderzoek naar de haalbaarheid en wenselijkheid van doelstellingen met betrekking tot recycling en preventie van huishoudelijk afval. In: MILIEU, M. V. I. (ed.). Den Haag: Centraal Planbureau.

DIJKGRAAF, E. en GRADUS, R., 2014, The Effectiveness of Dutch Municipal Recycling Policies, Tinbergen Institute Discussion Paper 14-155/VI.

ODEGARD, I., BERGSMA, G., BERG, R. & TELKAMP, P., 2015. Huishoudelijke voedselresten in de afvalwaterketen. Levenscyclusanalyse van de verwerking van GF-afval en afvalwater. Bennekom: Tauw, CE Delft, Stowa, Stichting Rioned. Stowa 2015-07

MerLAP (milieueffectrapport landelijk afvalbeheerplan), 2002, Achtergronddocument A14 uitwerking "GFT-afval". Afval Overleg Orgaan 2002.

MINISTERIE VAN INFRASTRUCTUUR EN MILIEU, 2014, Kamerbrief invulling programma Van Afval Naar Grondstof, IENM/BSK-2014/12161.

MINISTERIE VAN INFRASTRUCTUUR EN MILIEU, 2013, Van Afval Naar Grondstof – Uitwerking van 8 operationele doelstellingen, Bijlage 1 bij de kamerbrief Invulling programma Van Afval Naar Grondstof.

Muñoz Sierra and Castro-Gama, 2020. The impact of Food Waste Disposers on the indoor sewer system. Final report of TKI OSKAR. KWR

RIJKSWATERSTAAT– RWS, 2013, Samenstelling van het huishoudelijk restafval: resultaten sorteeranalyses 2012.

RIJKSWATERSTAAT - RWS, 2017, Beleidskader Landelijk Afvalbeheerplan (LAP)3. Deel B - Afvalbeheer en overbrenging. In: RIJKSWATERSTAAT (ed.). Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu. B3.4.3

RIJKSWATERSTAAT - RWS, g.d., Afvalstoffenkaart gft/swill en groenafval. In: RIJKSWATERSTAAT (ed.).

STOWA. Verslag COP VRV&VR (Voedselrestenvermalers en Vacuümriolering). COP VRV & VR, 31 januari 2019 Amersfort. Amersfoort: STOWA.

STOWA rapport 2015-07: Huishoudelijke voedselresten in de afvalwaterketen.

VERENIGING AFVALBEDRIJVEN. 2014 Startdocument Gft-inzameling omhoog: meer inzamelen in hoogbouw. 's-Hertogenbosch.

4.2 Kamerstukken:

Kamerstuk 27664:40, 2005

Kamerstuk 27664:37, 2005

4.3 Websites:

InfoMil, n.d., <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/activiteiten/lozen-vanuit/voedingsmiddelen/gebruik/>[Geraadpleegd op 29 april 2019]

4.4 Geïnterviewde:

Rob Ververs, Projectontwikkelaar Transitie Waternet. Op 26 april 2019.

I.1 Bijlage: uitgebreide data inventory

In deze bijlage zijn verschillende tabellen opgenomen die de data inventory van de gebruikte modellen nauwkeurig beschrijft.

Tabel 8 Data inventory voor GFT scenario

Fase	Proces	Unit	hoeveelheid
Afvoer	Freight, lorry 16-32 metric ton, Euro 5	tkm	0,035
Behandeling	Avoided: natural gas burning in gas motor	MJ	4,11
	Occupation, industrial area	M2a	8,1*10 ⁻⁴
	Energy consumption	kWh	0,022
	Energy consumption	kWh	0,015
	Heat, natural gas	MJ	0,14
	Bark chips, wet, measured as dry mass	g	4,25
	Wood chips, dry, measure as dry mass	g	4,25
	Energy consumption	kWh	0,0152
	Monoethanolamine	g	0,06
	Emission to air: methane	mg	1,1*10 ⁻³
	Emission to air: dinitrogen monoxide	mg	46
	Emission to air: ammonia	mg	180
	Emission to air: nitrogen monoxide	mg	2,3
	Emission to air: sulfur dioxide	mg	10,7
	Waste treatment: wastewater from grass refinery	M ³	18,6*10 ⁻⁵
Toepassing	Avoided: natural gas burning in gas motor	MJ	0
	Compost (zie beschrijving in Tabel 9)	g	122

Tabel 9 Data inventory mbt compositie: representative van 1 ton compost

Peat production (Nordel)	kg	610
Nitrogen fertilizer as N (calcium ammonium nitrate production)	kg	28,6
Phosphate fertilizer, as P2O5 (triple superphosphate production)	kg	4,02
Potassium sulfate, as K2O	kg	39,1
Magnesium sulfate	kg	1
Magnesium oxide	kg	27,2
lime	kg	27,2

Tabel 10 uitgebreide data inventory voor het riool scenario

Fase	Proces	Unit	hoeveelheid
Afvoer	Occupation, industrial area	m2a	0
	Vermaler (zie beschrijving in Tabel 11)	stuk	$1,54 \cdot 10^{-3}$
	Energie consumptie	kWh	0,022
	Tap water	kg	16,8
Behandeling	Energie consumptie	kWh	0,00639
	Avoided: energie consumptie	kWh	0,247
	Occupation, industrial area	m2a	$3,36 \cdot 10^{-5}$
	Energie consumptie	kWh	0,061
	Energie consumptie	kWh	0,009
	Iron (III) chloride, in 40% oplossing	g	4,35
	Chemical, inorganic	kg	$9,75 \cdot 10^{-4}$
	Emission to air: methane	kg	$2,3 \cdot 10^{-3}$
	Emission to air: dinitrogen monoxide	kg	$5,49 \cdot 10^{-6}$
	Emission to water: nitrogen	kg	$1,7 \cdot 10^{-4}$
	Emission to water: phosphorus	kg	$-6,53 \cdot 10^{-4}$
	Waste treatment: digester sludge municipal incineration	kg	0,071
Toepassing	Avoided: natural gas burned in gas motor	MJ	2,97

Tabel 11 uitgebreide data inventory voor de productie van 1 voedselrestenvermaler.

Fase	Proces	unit	hoeveelheid	
afvalverwerking	Steel and iron waste treatment: recycling of steel and iron	kg	0,12	
	Inert waste (Europe without Switzerland) treatment of inert waste, sanitary landfill	kg	2,28	
Emissies	Methyl ethyl ketone	kg	4,1E*10 ⁻⁷	
	Carbon monoxide	kg	0,02	
	Lead	kg	1,2*10 ⁻⁶	
	Methanol	kg	5,5*10 ⁻⁷	
	Nickel	kg	9,2*10 ⁻⁸	
	Nitrogen oxides	kg	5,3*10 ⁻⁴	
	Sulfur dioxide	kg	1,2*10 ⁻⁴	
	VOC, volatile organic compound as C xylene	kg	5,2*10 ⁻³ 6.9*10 ⁻⁵	
Process energy	Electricity, medium voltage RNA market group for	MJ	20,6	
	Heat district or industrial, natural gas (glo)	MJ	10,2	
Transport	Freight, lorry 16-32 metric ton euro 4,	tkm	2,6	
	Sea, transoceanic ship, processing	tkm	9,77	
	Lorry 16-32 metric ton euro 4	tkm	39,1	
Verpakking	Corrugated board box	kg	0,21	
	Polystyrene, expandable	kg	0,04	
	Polyethylene, high density, granulate	kg	2,8*10 ⁻³	
	Packaging film, low density polyethylene	kg	3,6*10 ⁻³	
	Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer	kg	0,9	
	Aluminum, primary, liquid	kg	0,26	
	Aluminum scrap, post-consumer	kg	0,11	
	Copper production, primary	kg	0,05	
	Steel, chromium steel 18/8	kg	0,39	
	Steel, unalloyed	kg	0,59	
Materialen	Steel, low-alloyed, hot rolled	kg	0,99	
	Steel, unalloyed	kg	0,28	
	Steel, unalloyed	kg	4,28	
	Steel, unalloyed	kg	0,26	
	Steel, unalloyed	kg	0,96	
	Recyclen	Steel and iron, recycling	kg	0

Tabel 12 uitgebreide data inventory voor de afvoer van 1 kg GFT via de restafvalroute

Onderwerp	processen	parameters	Achtergrond informatie
AVI			
Verzamelen	Transport truck	0,04 tkm	
			Afstand 40 km
landgebruik	Occupation	$0,044 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{y}$	
Transport	Transport truck	$0,15 \cdot 10^{-3} \text{ tkm}$	
			bedrijfsmiddelen 2g
			Afstand 75 km
	Transport boot	$0,42610^{-3} \text{ tkm}$	
			Kalk 0,71 g
			Afstand 600 km
	Transport truck	$0,035510^{-3} \text{ tkm}$	
			Kalk 0,71 g
			Afstand 50 km
Energie	Electricity	5010^{-3} kWh	
Bedrijfsmiddelen	Kalk	4 mg	
	natronloog	360 mg	Gecorrigeerd voor actieve stof
	NH ₄ OH	49 mg	Gecorrigeerd voor actieve stof
	Actief kool	30 mg	
Emissies naar lucht	Zoals beschreven in Tabel 13		
Vliegias			
landgebruik	Occupation	$0,05810^{-3} \text{ m}^2/\text{y}$	
Transport	Transport truck	$1,72910^{-3} \text{ tkm}$	
			bedrijfsmiddelen 13,3g
			Afstand 130 km
Energie	Electricity	$0,0710^{-3} \text{ kWh}$	
	Electricity	$1,1610^{-3} \text{ MJ}$	
Bedrijfsmiddelen	Cement	1,33 g	
Emissies naar lucht	Zoals beschreven in Tabel 13		
Emissies naar bodem	Zoals beschreven in Tabel 13		

Rookgasreinigingsresidu			
landgebruik	Occupation	0,13610 ⁻³ m ² /y	
Transport	Transport truck	0,086510 ⁻³ tkm	
			Reststof 1,73g
			Afstand 50 km
	Transport boot	0,06510 ⁻³ tkm	
			zand 1,3 g
			Afstand 50 km
	Transport truck	0,04610 ⁻³ tkm	
			Zand 1,3 g
			Afstand 35 km
Energie	Electricity	0,1810 ⁻³ MJ	
	Electricity	0,4310 ⁻³ MJ	
Bedrijfsmiddelen	Big-bag	5,7 mg	
	PE-hoes	2,3 mg	
	afdekzand	1297 mg	
Slakken			
Transport	Transport truck	12,502510 ⁻³ tkm	
			Reststof 166,7g
			Afstand 75 km
Emissies naar bodem	Zoals beschreven in Tabel 13		
Vermeden emissies	Transport truck	5,834510 ⁻³ tkm	
			Reststof 166,7 g
			Afstand 35 km
	Transport boot	8,33510 ⁻³ tkm	
			Reststof 166,7 g
			Afstand 50 km
	Zand	166,710 ⁻³ kg	

Tabel 13 uitgebreide data inventory voor emissie waarden in ug (mits anders vermeldt in tabel) voor verschillende procesonderdelen van de afvoer van 1 kg GFT via de restafvalroute.

Emissies naar	AVI		Slak		vliegias	
	lucht	bodem	lucht	bodem	lucht	bodem
Arseen	0,868	0,53	-	0,17	-	0,17
Barium	46,48	28,4	-	18,19	-	18,19
Cadmium	0,78	0	-	0	-	0
Cobalt	0,56	0,34	-	0,22	-	0,22
Chromium	12,32	7,53	-	2,41	-	2,41
Copper	8,4	5,13	-	1,64	-	1,64
Mercury	1,2	0	-	0	-	0
Manganese	47,6	29,08	-	9,32	-	9,32
Molybdenum	1,232	39,89	-	12,78	-	12,78
Nickel	2,128	1,3	-	0,42	-	0,42
Lead	27,16	16,59	-	5,32	-	5,32
Antimony	0,588	3,95	-	0,12	-	0,12
Selenium	0,14	0	-	0,22	-	0,22
Tin	0,7	0,43	-	0,14	-	0,14
Vanadium	2,912	1,78	-	1,71	-	1,71
Zinc	42	25,66	-	8,22	-	8,22
Chlorine	1920	26832	-	6144	-	6144
Fluorine	1300	7,8	-	35,1	-	35,1
sulfate	-	43198,92	0,22	4752	-	4752
Sulfur dioxide	4320	-	-	-	-	-
Nitrogen oxides	113,9 mg	-	-	-	-	-
Ammonia	5,7 mg	-	-	-	-	-
Carbon monoxide	37,97 mg	-	-	-	-	-
Hydrocarbons	9,49 mg	-	-	-	-	-
Dioxins	9,49*10 ⁻⁸ mg	-	-	-	-	-
particulates	5,89 mg	-	-	-	-	-

I.II Bijlage: volledige boomstructuur restafvalroute

