



## Colofon

Titel	Recyclingopties voor PET schalen
Auteur(s)	Ulphard Thoden van Velzen
Nummer	1761
DOI	<a href="https://doi.org/10.18174/419818">https://doi.org/10.18174/419818</a>
Publicatiedatum	20 juli 2017
Versie	Definitief
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	17620369
Goedgekeurd door	Nicole Koenderink
Review	Intern
Naam reviewer	Marieke Brouwer
Financier	Stichting Afvalfonds
Opdrachtgever	Stichting Afvalfonds

Wageningen Food & Biobased Research  
P.O. Box 17  
NL-6700 AA Wageningen  
Tel: +31 (0)317 480 084  
E-mail: [info.fbr@wur.nl](mailto:info.fbr@wur.nl)  
Internet: [www.wur.nl/foodandbiobased-research](http://www.wur.nl/foodandbiobased-research)

© Wageningen Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research  
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.*

## **Abstract**

Since 2015 PET trays are being sorted from Dutch post-consumer plastic packaging waste. Since there is no recycling facility available, this material is stored separately. This renders issues with odour, hygiene and infestation and gives additional storage costs.

Conventional mechanical recycling companies lack technologies to convert the sorting product “PET trays” into recycling products without requiring an additional recycling fee. This is caused by the relatively low mass yield for PET and the relatively high mass yield for waste streams in combination with an inferior product which does not cover the process and waste processing costs. Possibly, newly developed chemical recycling technologies will alter this situation, but for the moment there is no solid business case.

## Samenvatting

Sinds 2015 worden PET schalen uit huishoudelijk kunststofverpakkingsafval gesorteerd. Omdat er echter nog geen recyclingbedrijf bestaat die dit kan verwerken, wordt dit materiaal voorlopig opgeslagen. Dit levert problemen op met geur, hygiëne en ongedierte, alsmede opslagkosten. Voor conventionele mechanische recyclingbedrijven bestaan er nu nog geen technologieën waarmee het sorteerproduct “PET schalen” kan worden verwerkt tot een secundaire grondstof zonder dat er aanvullend verwerkingstarief moet worden gevraagd. De achterliggende oorzaak is dat er bij mechanische recycling te weinig product en teveel afval wordt geproduceerd en dat dit product kwalitatief te laagwaardig is zijn om de proces- en afvalkosten te kunnen dekken. Mogelijk dat nieuwe, chemische recyclingtechnieken hier verandering in gaan brengen, maar voorlopig is er geen solide business case.

# Inhoudsopgave

<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
<b>2 Methoden</b>	<b>7</b>
<b>3 Resultaten</b>	<b>8</b>
3.1 PET Schalen	8
3.2 PET schalen in context	8
3.3 Kwaliteit gesorteerde PET schalen	9
3.4 Polymere contaminanten zijn bepalend voor de kwaliteit	10
3.5 Mogelijkheden van mechanische recycling	12
3.6 Chemisch recyclen	14
<b>4 Discussie</b>	<b>16</b>
<b>5 Conclusies</b>	<b>17</b>
<b>Verwijzingen</b>	<b>18</b>
<b>Dankbetuiging</b>	<b>19</b>

# 1 Inleiding

## *Aanleiding*

Op 15 mei 2017 vroeg Stichting Afvalfonds aan Wageningen Food & Biobased Research advies over de recyclingmogelijkheden voor PET schalen. Er werd op 2 juni 2017 vertrouwelijk advies uitgebracht en dit werd op 6 juni 2017 mondeling toegelicht. Hierna kwam het verzoek om hierover een openbaar, beknopt rapport te schrijven. De opdrachtgever en de financier van dit rapport is Stichting Afvalfonds.

## *Doelstelling*

Dit rapport beoogt een overzicht te geven van de technische mogelijkheden en onmogelijkheden van het recyclen van het sorteerproduct PET schalen tot een herbruikbaar materiaal. Hierbij worden zowel mechanische recyclingtechnieken als chemische recyclingtechnieken beschouwd. Dit rapport is door onafhankelijke onderzoekers opgesteld en heeft als doel een overzicht te geven van de kennis op het gebied van de mogelijkheden en onmogelijkheden van het recyclen van het sorteerproduct PET schalen die op dit moment beschikbaar is bij de onderzoekers.

## 2 Methoden

Over het recyclen van PET schalen tot herbruikbare materialen bestaat weinig openbare wetenschappelijke literatuur. Er zijn een beperkt aantal bijdragen in vaktijdschriften, met beperkt informatie. Wel is er veel ervaring bij Wageningen Food & Biobased Research met de samenstelling van de grondstof (sorteerproduct PET schalen) en met de problemen die optreden bij het recyclen hiervan. Deze ervaringen en mondelinge mededelingen van collega onderzoekers en betrokken bedrijven vormen de bronnen voor dit rapport.

## 3 Resultaten

### 3.1 PET Schalen

In de recyclingwereld wordt er vaak over flessen-PET en niet-flessen-PET gesproken. Met die laatste categorie bedoelt men alles wat geen fles of flacon is. In de verpakkingindustrie spreekt men over mono-A-PET schalen, klemdeksels, top-sealed trays, dieptrekverpakkingen, blisters etc. Een overzicht van alle verpakkingen die aangetroffen worden in het sorteerproduct “PET schalen” is te vinden in het KIDV rapport [KIDV 2016 B]. Duidelijk is dat het een sterk heterogene categorie is.

In het sorteerproduct “PET schalen” is de meest voorkomende verpakkingvorm de vleesschaal met een aandeel van grofweg 50%. Deze wordt toegepast voor vlees, vis, kaas, etc. Dit is een gecoëxtrudeerde PET-PE schaal met een meerlaags PET-PE of PET-EVOH-PE topfolie. Op het topfolie is vaak een papieren of PP-label aangebracht met kleeflaag. In de vleesschaal is vaak nog een vleesvocht-absorber aanwezig van papiervezel met een PE deklaag en een hotmelt verbinding met de schaal.

De tweede verpakkingvorm in het sorteerproduct “PET schalen”, met een aandeel van ongeveer 30%, is de mono-A-PET schaal en / of klemdeksel voor aardbeien, kerstomaten, zacht-fruit, noten, etc. Deze schalen zijn 100% mono-A-PET. Er is vaak een papierlabel aanwezig. Het zacht-fruit heeft soms een PE-noppenfolie inlay. Notenschalen kennen meestal een top-sealed folie van PET.

De andere verpakkingvormen in het sorteerproduct “PET schalen” hebben een kleiner aandeel, als de dieptrekverpakking voor gesneden plakken kaas en vleeswaar, blisters, bekertjes, etc.

### 3.2 PET schalen in context

Voor PET flessen bestaan er al decennia lang recyclingtechnieken [Welle 2011, Awaja 2005]. Uit ingezamelde PET flessen kan weer gerecycleerde PET (rPET) worden gemaakt die geschikt is om nieuwe flessen en schalen mee te maken. Hiervoor heeft men of een selectieve inzamelwijze als statiegeld nodig met een conventioneel mechanisch recyclingproces of een gecombineerde inzamel en sorteerwijze gecombineerd met een meer geavanceerd recyclingproces [Thoden van Velzen et al. 2016]. De verpakkingkunststof PET wijkt hiermee gunstig af ten opzichte van de andere twee hoofdverpakkingkunststoffen (PE en PP). Van ingezameld PE en PP kan alleen onder bijzondere voorwaarden een recycleaat worden gemaakt dat weer in verpakkingen kan worden hergebruikt.

Omdat PET flessen zo goed recycleerbaar zijn, is er bij meerdere belanghebbenden ook interesse om de andere PET-verpakkingen te recyclen. Bovendien is er in ingezamelde huishoudelijke kunststofverpakkingen ongeveer twee keer zoveel niet-flessen-PET-verpakkingen aanwezig dan



PET-flessen. Bijvoorbeeld in 2014 werd gemiddeld 5,0% PET flessen en 12,2% andere vormvaste PET verpakkingen gerapporteerd [Thoden van Velzen, Brouwer 2014]. Bij inzameldiensten en sorteerbeidrijven is het belangrijk dat deze PET schalen naar een recyclingbedrijf kunnen worden afgezet. Ook op nationaal niveau is het voor de rijksoverheid van belang dat de PET schalen worden gerecycleerd omdat het 12% van de ingezamelde kunststofverpakkingen behelst.

Tot 1 januari 2015 werden de PET schalen niet apart gesorteerd. Nedvang voerde de regie over de hergebruiksketen en de instructie aan de sorteerbeidrijven was om de PET schalen bij het sorteerproduct MIX te voegen of aan de sorteerrest. Verder moest er een PET product worden gemaakt dat voldoet aan DKR specificatie 328-1. Deze specificatie staat 10% niet-flessen PET toe en biedt dus een geringe afzetmogelijkheid voor PET schalen. Er zijn maar twee recyclingbedrijven die MIX verwerken en deze bedrijven zijn bovenal geïnteresseerd in het aandeel PE en PP om hieruit een mengpolyolefine te maken. De aanwezigheid van PET-schalen in het sorteerproduct MIX is dus storend voor deze bedrijven. Het PET materiaal komt bij de MIX-recyclingbedrijven uiteindelijk terecht in het zinkgoed, dat vanwege het hoge PVC gehalte niet kan worden hergebruikt en dus wordt toegepast als bijvoorbeeld asfalt-vulstof als “nuttige toepassing”.

Op 1 januari 2015 namen de gemeenten de regie over de kunststofhergebruiksketen over. Zij hadden groepsgewijs contracten met sorteerbeidrijven opgesteld. Om zoveel mogelijk herbruikbaar materiaal te sorteren uit het ingezamelde materiaal werden in veel van deze contracten hoge sorteerrendementen afgesproken, 90% was gangbaar. Dit had als consequentie dat er voor de PET schalen een aparte, nieuwe specificatie werd opgesteld [KIDV 2106 A] door het KIDV en hierna gingen de sorteerbeidrijven de PET schalen apart houden. Echter in de tussentijd meldde er zich geen recyclingbedrijf die de PET schalen wilde gaan recycleren. De hoeveelheid PET schalen sorteerproduct in opslag groeit, zonder dat er uitzicht is op een snelle oplossing. Dit is letterlijk een groeiend probleem, ten aanzien van geur, hygiëne, ongedierte en kosten.

### **3.3 Kwaliteit gesorteerde PET schalen**

Tussen 2012 en nu hebben wij meerdere monsters van het sorteerproduct “PET schalen” ontvangen van meerdere sorteerbeidrijven. Vaak waren dit monsters van testproducties, maar er was ook een regulier sorteerproduct “PET schalen” bij. Deze monsters hebben wij in detail geanalyseerd op het niveau van verpakkingssoort en het resultaat in vertrouwen terug gemeld aan het sorteerbeidrijf. In het algemeen viel het ons op dat niet alle sorteerproducten ook echt meer dan 90% PET artikelen (schalen, dieptrekschalen, folie, bekers, blisters, etc.) bevatte, terwijl de maximale onzuiverheid in de specificatie 10% is. Hiernaast troffen wij dus ook PP, PS, PVC, PE, papier en metaal aan. Vermoedelijk werd er nog niet streng op deze categorie gesorteerd omdat

er toch nog geen bestaande afzet was. Bovendien troffen wij een sterke organische vervuiling aan; complete verpakkingen met inhoud, maar ook aangebroken verpakkingen met een deel van de oorspronkelijke inhoud.

Daarnaast vervormen geperste PET-schalen en deze vervorming is niet omkeerbaar. Aangezien verdichting (door inzameling in kraakperswagens en door het persen in balen van de sorteerproducten) onvermijdelijk is in de recyclingketen worden hierdoor verpakkingscomponenten en vervuilingen (levensmiddelenresten, PE-noppenfolie, vleesvocht-absorptiematjes, etc.) sterk omklemd en zijn deze erg lastig af te scheiden.

Dus het is waarschijnlijk dat de kwaliteit van de nu al geproduceerde en opgeslagen sorteerproducten laag is. Niet alleen omdat er relatief veel andere kunststoffen in aanwezig zijn, maar ook vanwege de aanwezigheid van levensmiddelenresten die na lange opslag gaan verschimmelen en daarmee zeer lastig te verwijderen zullen zijn. Bovendien vormen de schimmels agglomeraten; losse verpakkingen worden verbonden met elkaar in een schimmelnetwerk dat alleen met moeite los te maken is. Het is, helaas, niet ondenkbaar dat in de toekomst, nadat een recyclingoptie beschikbaar is gekomen, de opgeslagen sorteerproducten zullen worden afgekeurd door de toekomstige recyclingbedrijven en als nog verbrand zullen moeten worden.

Verwacht mag worden dat de kwaliteit van het sorteerproduct PET-schalen gaat stijgen nadat er een recyclingoptie bijgekomen is. Dan zal er vanzelf een spel ontstaan tussen aanbieders en afnemers waarbij de specificatie voor het sorteerproduct PET schalen verder wordt ingevuld en door actieve kwaliteitskeuringen de sorteerbedrijven vanzelf hun kwaliteit gaan aanpassen. Verder in de tijd, zal het recyclingbedrijf het verpakkende bedrijfsleven aansporen om verpakkingscomponenten die lastig te verwijderen zijn, te veranderen. Na enige jaren kan de kwaliteit van het sorteerproduct “PET schalen” daarmee aanzienlijk verbeteren, waardoor de recycling veel eenvoudiger wordt en het recycleert zuiverder. Hierdoor zal het sorteerproduct uiteindelijk beter te verwerken zijn.

Kortom, er moet rekening mee gehouden worden dat de huidige kwaliteit van het sorteerproduct “PET schalen” laag is en dat dit in interactie met een toekomstig recyclingbedrijf zal gaan verbeteren.

### **3.4 Polymere contaminanten zijn bepalend voor de kwaliteit**

De toepasbaarheid van recycleert gemaakt van huishoudelijke kunststofverpakkingen wordt hoofdzakelijk bepaald door deeltjesverontreiniging ten gevolge van polymere contaminanten en vervuiling met andere materialen (papiervezels, zand, metaal, etc.). De twee andere kwaliteit-achteruitgangsmechanismen (moleculaire verontreiniging en degradatie) zijn voor specifiek PET

goed te beheersen door nacondensatie-technologie waarbij de vluchtige moleculen worden verwijderd en de ketenlengtes worden hersteld. Bovendien kan vervuiling door andere materialen vaak goed worden beheerst door intensief te wassen. De polymere contaminanten kennen twee soorten herkomst: uit sorteerfouten en verpakkingseigen-vreemd-kunststoffen. De hoeveelheid polymere contaminanten uit sorteerfouten is fors, zoals uit de eerste sorteeranalyses van het sorteerproduct “PET schalen” blijkt en betreffen PP, PE, PS en PVC. Daarnaast zijn er de verpakkingseigen-vreemd-kunststoffen, die zijn voor de 5 belangrijkste verpakkingstypen in de categorie PET-schalen in de onderstaande tabel weergegeven.

**Tabel 1: Verpakkingseigen vreemd-kunststoffen voor PET-schalen.**

Verpakkingsoort	Aanwezige vreemd-kunststoffen en andere materialen
Verpakking voor vers vlees, vis en kaas ( <i>top-sealed trays</i> )	Schaal PET: PE ~ 90:10% Topfolie bevat PET, PE, EVOH of Nylon Label van PP, PE of papier Vleesvocht absorber (PE, papiervezel, hotmelt)
Klemdeksels voor zacht-fruit, tomaten, druiven, etc.	Schaal 100% PET Inlay van PE noppenfolie en hotmelt Label van PP, PE of papier
Noten schaal	Schaal van 100% PET PET topfolie Label van PP, PE of papier
Dieptrekverpakkingen voor vleeswaar en plakken kaas ( <i>thermoforms</i> )	Schaal PET: PE 90:10% Topfolie bevat PET, PE, EVOH of Nylon Label van PP, PE of papier Over-deksels van PP
Blister	PET en heel soms nog PET-G of GAG Kartonnen backsheet

Uit deze lijst van verpakkingseigen-vreemd-kunststoffen, die in veelvoorkomende PET-schaal-verpakkingstypen aanwezig zijn, blijkt dat er een beperkt aantal makkelijk af te scheiden zijn (over-deksels, papieren labels), dat er enkele zeer lastig af te scheiden zijn met de conventionele drijf-zink technieken omdat ze ook een hoge dichtheid hebben (EVOH, Nylon, PET-G) en dat er enkele niet af te scheiden zijn vanwege de gecoëxtrudeerde verbinding (zoals het PE in de PET-PE schaal).

### 3.5 Mogelijkheden van mechanische recycling

De aanwezigheid van relatief hoge gehalten vreemd-kunststoffen, die niet verwijderd kunnen worden, betekent dat zelfs als het sorteerproduct alleen PET-schalen zou bevatten en het PET-schalen materiaal normaal mechanisch zou worden gerecycleerd, dat er dan een gewassen maalgoed (zinkende fractie) wordt verkregen met een PE gehalte van tussen de 5 en de 10%, alsmede met kleine hoeveelheden (<1%) EVOH, Nylon en hotmelt. Deze gehalten vreemd-kunststoffen zijn te hoog om hiervan een goed geëxtrudeerd recyclaat te maken. PET en PE zijn slecht mengbaar. De aanwezigheid van 0,1-1% PE in PET leidt al tot een witte mist van veel PE deeltjes gemengd in de PET matrix. Dit recyclaat ziet er dus grijs-opaak uit. [Thoden van Velzen et al. 2016] De mechanische eigenschappen van een dergelijk recyclaat zijn beperkt. Bij hogere PE gehalten (1-10%) wordt het recyclaat steeds opaker en grijzer, bovendien worden de mechanische eigenschappen steeds slechter. Bij 10% PE, zonder toegevoegde compatibilisers, is het recyclaat ongeveer even bros als een schoolkrijtje. Alleen als er compatibilisers worden toegevoegd of het recyclaat wordt verdund met nieuw PET kan er nog een redelijk tot goed recyclaat van worden gemaakt. In alle gevallen blijft het recyclaat opaak en grijs. In het geval er compatibilisers worden toegepast en het percentage *recycled content* beperkt blijft kan er een stevig, grijs-opaak kunststof worden gemaakt [Kosior 2017].

Hiervoor is het evenwel noodzakelijk dat de grondstof “sorteerproduct PET schalen” onderworpen wordt aan een grondige mechanische recycling waarbij zo veel mogelijk sorteerfouten, papieren labels, noppenfolie, top-folie-resten, hotmelt, levensmiddelresten etc. worden afgescheiden. Dit vertaalt zich in een uitgebreid mechanisch recyclingproces met windziften voor het afscheiden van folie en papier, voorwas met koud water waarbij het meeste organische materiaal wordt verwijderd. Hierna een hete was in een frictiewasser met loog (80-85°C en 0.1 M NaOH) waarmee vetten, hotmelt en papier wordt verwijderd. Tenslotte uitgebreid spoelen met koud-water en een intensieve drijf-zink-scheiding met een waterkolom, mechanisch drogen, gevolg door thermisch drogen, extrusie met vacumeren en nacondensatie. De compatibilisers kunnen worden toegevoegd bij de extrusie-stap. Dit mechanisch recyclingproces heeft 2 zwakke plekken; PVC sorteerfouten en kosten.

#### PVC stoorstof

Het gehalte PVC sorteerfouten kan door goed te sorteren met NIR sorteermachines worden beperkt tot minder dan 1%. Helaas wordt deze lage concentratie in de praktijk, zover ons bekend, vaak niet gehaald. De oorsprong van het PVC is tweeledig; hoofdzakelijk de aanwezigheid van PVC niet verpakkingen in het sorteerproduct “PET schalen” als sorteerfout en ten tweede PVC rekwikkelfolie om mono-A-PET vleeschalen van ambachtelijke slaggers.

PVC ontleeft bij verhitting en vormt hierbij zoutzuur dat auto-katalytisch de ontleding van PET versnelt. Het zoutzuur katalyseert ook ketenbreuk bij PET, zodat de aanwezigheid van 1 promille PVC al kan leiden tot geel verkleurd PET met een lagere molecuulgewichtsverdeling. Het mechanisch recyclingbedrijf kan er voor kiezen om het gehalte PVC van de grondstof verder te

verminderen met een aanvullende NIR en/of XRF sorteerstap. Dit leidt tot aanzienlijk hogere kosten, lagere rendementen en een product met een stabielere kwaliteit.

### Kosten

Het mechanisch recyclen van PET schalen levert relatief forse afvalstromen op (slib, afvalwater en fijngoed). Het slib ontstaat bij het wassen en bevat vooral papiervezels, zand, glas, metaal en textielvezels. Het afvalwater is relatief sterker verontreinigd in vergelijking met het afvalwater van andere kunststof sorteerproducten in termen van kleur, vetigheid en chemisch zuurstofverbruik. Fijngoed is een afvalstroom die bij het malen van de PET schalen ontstaat. Omdat de PET schalen tijdens de inzameling vervormen en verontreinigingen omklemmen zal er fijner dan gebruikelijk moeten worden gemalen om alle afval te kunnen ontsluiten. Bij andere kunststofproducten wordt het materiaal vermalen tot vuil maalgoed met een gemiddelde deeltjesgrootte van rond de 2-3 cm, dat levert weinig verlies van fijn maalstof (fijngoed) op. Voor de PET schalen moet er dus kleiner worden gemalen (dus naar < 1 cm maalgoed), waardoor er nu veel meer verlies aan fijngoed optreedt. Dit fijngoed wordt of direct na de maalmolen afgezeefd (met bijvoorbeeld een 1 of 2 mm zeefplaat) of het komt additioneel in slib van de wasmolen terecht. Deze vaste afvalstromen (fijngoed en slib) zullen moeten worden verbrand. Het afvalwater zal gereinigd moeten worden. Dit maakt het mechanische recyclen van PET schalen minder voordelig in vergelijking met bijvoorbeeld PET flessen, PE en PP. Ook zal er een geringe hoeveelheid drijvend bijproduct worden gevormd. Dit kan waarschijnlijk als een laagwaardige meng-polyolefine worden verkocht en zal dus mogelijk een gering opbrengst vertegenwoordigen. Tenslotte zal er een compatibiliser (zoals styreen-ethyleen-butyleen-styreen-*grafted* maleïnezuur) moeten worden toegevoegd. Er is een forse concentratie nodig om PE gelijkmatig in PET te kunnen verdelen in heel veel kleine deeltjes. Aangezien deze hulpstof relatief duur is, stijgen de totale proceskosten fors. Op basis van een inschatting van de massaopbrengst, afvalstoffen, benodigde warmte, procesvoering en 5% compatibiliser komen we tot een ruwe inschatting van de recyclingkosten van 700-900 €/ton product.

Kortom, met een uitgebreid mechanisch recyclingproces kan er een hard, opaak en grijs recyclelaat worden gemaakt. De toepassing hiervan ligt in buizen, platen, pallets, etc. Door de hoge proceskosten, de lage *virgin* PET-prijs en de lage massarendementen is het onwaarschijnlijk dat een recyclingbedrijf dit kostenneutraal kan uitvoeren. Bovendien zal het recyclingbedrijf bedrijfszekerheid vragen, omdat er een toegesneden recyclinginstallatie voor moeten worden gebouwd met hoge investeringskosten die alleen met een langdurig contract kunnen worden terugverdiend.

Het Zuid-Spaanse bedrijf Sulayr heeft het mechanische recyclingproces gekoppeld aan een solvolyse-proces [website Sulayr]. Hierbij wordt eerst klassiek mechanisch gewassen maalgoed gemaakt, waarna met een geheim oplosmiddel het PE wordt verwijderd van het PET. Overigens bestaan er over het proces van Sulayr geen publieke bronnen, maar er zijn wel drie Nederlandse

belanghebbenden (die anoniem wensen te blijven) bij Sulayr op bezoek geweest en hun verhalen lijken sterk op elkaar. De beschrijving van dit solvolyse-proces werpt verschillende vragen op ten aanzien van veiligheid, kosten en kwaliteit van de recyclingproducten. Naar verluid hanteert ook dit bedrijf een verwerkingstarief voor Nederlandse PET schalen. Ook werd gemeld dat Sulayr problemen heeft het hoge vetgehalte van Nederlandse PET schalen, wat op zich op te lossen is door ze bij hoge temperatuur in loog te wassen. Tenslotte zouden de in Nederland gebruikelijke gele PET-PE schalen voor kippenvleesproducten ook onwenselijk zijn voor Sulayr, maar ook dit kan in principe met een kleurscheider worden opgelost.

### 3.6 Chemisch recyclen

Naast de meer gebruikelijke mechanische recyclingtechnieken bestaan er ook chemische recyclingtechnieken waarbij de verpakkingen tot hun bouwstenen (monomeren) worden teruggebracht.

PET is van nature gevoelig voor hydrolyse. Zodoende zijn tientallen processen beschreven waarbij met zuur of base PET wordt gehydrolyseerd tot zijn bouwstenen tereftaalzuur en ethyleenglycol [Pingdala 2008, Shukla 2008]. Hierop zijn tal van varianten bekend met methanol en ethyleenglycol als oplosmiddel waarbij de transesterificatie-producten dimethyltereftalaat (DMT) en bis-(2-hydroxyethyl)tereftalaat (BHET) zijn. Ondanks dat deze reacties al tientallen jaren bekend zijn, is het niet tot commerciële toepassing gekomen, hiervoor zijn meerdere redenen:

1. Als grondstof waren vooral PET-flessen beschikbaar waarvoor een goedkoper mechanisch recyclingproces beschikbaar is,
2. Het is met de gangbare processen lastig en duur om de recyclingproducten zuiver te isoleren; DMT wordt gedestilleerd bij hoge temperaturen, BHET wordt gekristalliseerd waarbij veel afvalwater ontstaat dat weer opgewerkt moet worden,

Voor een succesvol chemisch recyclingproces zullen de PET schalen eerst voor-gereinigd worden met een eenvoudig mechanisch recyclingproces, zodat zand, levensmiddelresten en papiervezels het proces niet kunnen verstoren. De aanwezigheid van deze 'andere materialen' kunnen anders het filtratieproces verstoren of de terugwinning van vaste katalysatoren bemoeilijken.

Een inherent voordeel van chemisch recyclen boven mechanisch recyclen is dat polymere contaminanten en kleurpigmenten kunnen worden afgescheiden. Onder de juiste omstandigheden kan er dus een recyclaat worden gemaakt dat toepasbaar is in nieuwe, *food-grade* PET-verpakkingen. Bijvoorbeeld het gecoëxtrudeerde PE-laagje van de PET-PE-vleeschalen kan na chemische recycling als filtratie-residu worden afgescheiden. En ook andere polymere contaminanten als PVC, PE, PP, PS, EVOH kunnen als residu worden afgescheiden. Alleen andere condensatie-polymeren als Nylon worden mogelijk ook teruggebracht tot monomeren en

dus zullen deze van de gewenste monomeren moeten worden afgescheiden middels destillatie of kristallisatie.

Een tweede mogelijk voordeel van chemisch recyclen is dat verliezen aan fijngoed kunnen worden voorkomen doordat ook deze stroom kan worden omgezet.

Een inherent nadeel van chemisch recyclen in vergelijking met mechanisch recyclen is dat er meer moeite moet worden gedaan, zowel meer veeleisende procestechnologische stappen als meer energiegebruik. Dit leidt tot relatief hoge kosten. Bij een goed ontworpen chemisch recyclingproces zullen de opbrengsten opwegen tegen de meerkosten, zodat PET schalen kostenneutraal kunnen worden verwerkt.

Er zijn meerdere bedrijven bekend die initiatieven nemen tot het ontwikkelen van chemische recyclingprocessen voor PET, PET afval en PET schalen: Ioniqa, Cumapol en Enerkem [Websites Ioniqa, Enerkem en Cumapol]. Dit zijn sterk uiteenlopende processen. Ioniqa streeft naar de hydrolyse in ethyleen glycol tot BHET. Cumapol streeft naar de productie van rPET met een vergelijkbare kwaliteit als virgin. Deze twee chemische recyclingprocessen leveren dus of rPET zelf of grondstoffen voor virgin PET op.

Enerkem streeft naar de productie van methanol uit diverse soorten kunststofafval, waaronder PET schalen. [Eersel van M 2016] Dit is een compleet andere technologie, waarbij de monomeren verder worden afgebroken tot methanol. Dit is een bulk-chemicalie met een brede toepasbaarheid.

## 4 Discussie

Het is onwaarschijnlijk dat vrije marktwerking gaat resulteren in het openen van een recyclingbedrijf voor PET schalen omdat er nog geen recyclingproces zodanig is uitontwikkeld dat het een aantrekkelijke business-case vormt voor investeerders.

Hiervoor zijn meerdere oorzaken:

- De huidige lage nieuwprijs voor PET (1040 €/ton granulaat op 17 juli 2017, Vraagenaanbod website),
- Er wordt geen meerprijs voor rPET t.o.v. *virgin* PET geaccepteerd door de markt,
- Het massarendement aan PET-maalgoed zal laag zijn, ergens rond de 50% (en alleen bij gunstige chemische recyclingprocessen kan mogelijk 70% worden benaderd) en er worden dus gelijktijdig bijproducten en afvalstromen geproduceerd,
- De verpakkingen in het sorteerproduct “PET schalen” zijn nu (nog) niet ontworpen voor recycling,
- Er is een forse investering nodig in een nieuw recyclingbedrijf dat waarschijnlijk alleen kan opereren onder de condities dat er een verwerkingstarief kan worden geheven. Elke investeerder wil dan zekerheid krijgen dat dit verwerkingstarief over 5-10 jaar kan worden geheven en die is er niet.



## 5 Conclusies

Dit rapport geeft een overzicht van de uitdagingen die bestaan om PET schalen te kunnen recyclen. Het huishoudelijke kunststofverpakkingsafval bestaat voor ongeveer 12% uit PET schalen en is daarmee een van de belangrijkste verpakkingsvormen. Sinds 2015 worden PET schalen apart gehouden in het sorteerproces. De groeiende hoeveelheden PET schalen die wachten op recycling vormen een groot probleem ten aanzien van geur, hygiëne, ongedierte en kosten. Bedrijfseconomisch is het niet interessant om PET schalen mechanisch te gaan recyclen, tenzij er een verwerkingstarief betaald gaat worden. Daarnaast zijn er enkele chemische recyclingmethoden in ontwikkeling, die mogelijk in de toekomst PET schalen in een hoogwaardige grondstof kunnen omzetten.

## Verwijzingen

Awaja F, & Pavel D (2005) Recycling of PET. *European Polymer Journal* 41 (7): 1453-1477.

Cumapol website: <https://www.cumapol.nl/>

Enerkem website: [www.enerkem.com](http://www.enerkem.com)

Eersel, van M. Enerkem, Renewi presentatie: <https://www.kidv.nl/6976>

KIDV, 2016 A, 05/2016, product specificatie “PET trays”,  
<https://www.kidv.nl/6310/petbakjes-kunststof-spec.pdf?ch=DEF>

KIDV 2016 B, “PET trays op weg naar structurele oplossingen” 4 oktober 2016, Den Haag,  
<https://www.kidv.nl/6604/pet-trays-op-weg-naar-structurele-oplossingen.pdf?ch=DEF>

Ioniqa website: <http://www.ioniqa.com/>

Kosior E, Conference presentation “Food contact materials: new innovative solutions, show casing what is possible” 2017 March 28<sup>th</sup> Force Technologies, Brøndby (DK).

Pingale ND, Shukla SR, (2008) “Microwave assisted ecofriendly recycling of poly (ethylene terephthalate) bottle waste” *European Polymer Journal* 44, 4151–4156  
doi:10.1016/j.eurpolymj.2008.09.019

Shukla SR, Palekar V, Pingale ND (2008), “Zeolite Catalyzed Glycolysis of Poly(ethylene terephthalate) Bottle Waste” *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 110, 501–506 DOI 10.1002/app.28656.

Sulayr website: <http://www.sulayrgs.com/>

Thoden van Velzen EU & Brouwer MT (2014) *Samenstelling van gescheiden ingezamelde kunststofverpakkingen*. FBR 1487, Wageningen Food & Biobased Research.

Thoden van Velzen EU, Brouwer MT & Molenveld K (2016) *Technical quality of rPET*, pp1-147, FBR 1661, Wageningen, NL: Wageningen Food&Biobased Research.

Welle F (2011) Twenty years of PET bottle to bottle recycling—An overview. *Resources, Conservation and Recycling* 55 (11): 865-875.

## **Dankbetuiging**

Wij danken onze opdrachtgever en financier voor het in ons gestelde vertrouwen.