

Recycling van Nederlandse drankenkartons

E.U. Thoden van Velzen and I.W. Smeding



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Recycling van Nederlandse drankenkartons

Auteurs: E.U. Thoden van Velzen; I.W. Smeding

Instituut: WFBR

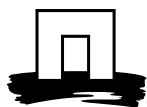
Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food & Biobased Research, gefinancierd door en in opdracht van Het Ministerie Infrastructuur en Waterstaat.

Wageningen Food & Biobased Research
Wageningen, april 2022

Openbaar

Rapport 2275

DOI 10.18174/567789



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

WFBR Project nummer: 6229128100

Versie: Definitief

Reviewer: M.T. Brouwer

Goedgekeurd door: A. van der Bent

Uitgevoerd door: Wageningen Food & Biobased Research

Gefinancierd door en in opdracht van: Het Ministerie Infrastructuur en Waterstaat

Dit rapport is: Openbaar

Het onderzoek zoals beschreven in dit rapport is op objectieve wijze uitgevoerd door onderzoekers die onpartijdig zijn ten opzichte van de opdrachtgever(s) en sponsor(s). Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/567789> of op www.wur.nl/wfbr (onder publicaties).

© 2022 Wageningen Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research.

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen Food & Biobased Research is het niet toegestaan:

- a. dit door Wageningen Food & Biobased Research uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;
- b. dit door Wageningen Food & Biobased Research uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of Wageningen Food & Biobased Research, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;
- c. de naam van Wageningen Food & Biobased Research te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.

Postbus 17, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 00 84, E info.wfbr@wur.nl, www.wur.nl/wfbr. Wageningen Food & Biobased Research is onderdeel van Wageningen University & 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.

Inhoud

Samenvatting	4
Summary	5
1 Inleiding	6
2 Methode en bronnen	8
2.1 Oorsprong van de gegevens	8
2.2 Berekeningswijze recyclingpercentage	8
3 Resultaten	9
3.1 Drankenkartons op de Nederlandse markt	9
3.2 Recyclingketen van drankenkartons	11
3.3 Berekening van de hoeveelheden recyclingproducten die in 2020 uit de drankenkartons gemaakt zijn	13
3.4 Interpretatie van EU richtlijn en de Nederlandse regeling voor het berekenen van recyclingpercentages voor drankenkartons	14
3.5 Recyclingpercentage voor drankenkartons in 2020	16
4 Discussie	18
4.1 Gebruik van drankenkartons in relatie tot duurzaamheid	18
4.2 Veranderende percepties van duurzaamheid	18
4.3 Effecten van de volatiele oud-papiermarkt op de recycling van drankenkartons	19
4.4 Opkomst van nieuwe recyclingtechnologieën	20
4.5 Groeimogelijkheden voor het recyclingpercentage	20
5 Conclusies	23
Literatuur	24

Samenvatting

Het recyclingpercentage voor Nederlandse drankenkartons in 2020 is berekend volgens de rekenregels van de Europese implementatiebeslissing EU 2019/665. De berekening werd uitgevoerd met de volgende gegevens: het gewicht aan drankenkartons dat op de Nederlandse markt is gebracht in 2020, het gewicht aan sorteerproduct dat afgeleverd is aan recyclingbedrijven, het gemiddelde vochtgehalte van geproduceerd drankenkartonlaminaat, de gemiddelde samenstelling van het sorteerproduct drankenkartons en de gehalten aanhangend vocht en vuil van de drankenkartons zoals ze aanwezig zijn in het sorteerproduct. De recycling van drankenkartons levert één hoofdproduct (pulp) op waaruit onder andere nieuwe kartonnen dozen en kokers kunnen worden vervaardigd. Het rekenpunt voor Nederlandse drankenkartons in 2020 is de hoeveelheid houtvezel die aanwezig is in het sorteerproduct "drankenkartons" dat afgeleverd is aan de recyclingbedrijven, gecorrigeerd voor het natuurlijke vochtgehalte van drankenkartons. Hieruit volgt dat het recyclingpercentage ongeveer 31% is. Deze berekening kent enkele parameters met onzekerheden, zodoende is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Hieruit blijkt dat het recyclingpercentage van Nederlandse drankenkartons in 2020 24 à 36% bedroeg.

Summary

The recycling rate of Dutch beverage cartons in 2020 has been calculated according to calculation rules of EU implementation decision EU 2019/665. The calculation was conducted with the following parameters: the weight of beverage cartons put on the Dutch market in 2020, the weight of sorted product that has been delivered to recycling facilities, the average moisture content of produced beverage cartons, the average composition of the sorted product beverage cartons and the levels of attached moisture and dirt for the beverage cartons present in the sorted products. The recycling of beverage cartons yields one main product (pulp), which is used to produce new fibre-based products such as cardboard boxes and tubes. The calculation point for Dutch beverage cartons in 2020 is the amount of wood fibre present in sorted beverage cartons that has been delivered to recycling companies, corrected for the natural moisture level of beverage cartons. Therefore, the recycling rate of Dutch beverage cartons in 2020 was approximately 31%. Since the calculation is based on several parameters with uncertainty also a sensitivity analysis was conducted. This showed that the recycling rate for Dutch beverage cartons in 2020 equalled 24 to 36%.

1 Inleiding

Aanleiding

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft WFBR gevraagd een bondig rapport te schrijven over de recycling van Nederlandse drankenkartons. Dit rapport is het antwoord op dit verzoek. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is opdrachtgever en financier van dit onderzoek.

Doelstellingen en onderzoeksvragen

Dit rapport beoogt een zo goed mogelijk beeld te schetsen van Nederlandse drankenkartons en de wijze waarop ze worden gerecycled. Hieruit volgt een zo goed mogelijke schatting van het recyclingpercentage van drankenkartons in Nederland. Tenslotte worden ook ontwikkelingen van de laatste jaren besproken, die invloed hebben gehad op de recyclingketen.

De onderzoeksvragen die worden beantwoord in dit rapport zijn:

1. Hoe ziet de markt voor drankenkartons er uit?
 - a. Hoeveel drankenkartons werden er in 2020 op de Nederlandse markt gebracht?
 - b. Welke soorten drankenkartons worden in Nederland toegepast voor welke soorten producten?
 - c. Hoeveel van welke soort drankenkarton werden in 2020 in Nederland op de markt gebracht?
2. Hoe ziet de recyclingketen van drankenkartons er uit?
 - a. Welke inzamel- en recyclingroutes voor drankenkartons zijn dominant in Nederland?
 - b. Welke stappen worden bij deze routes doorlopen?
 - c. Welke bedrijven zijn hierbij betrokken?
 - d. Wat is er bekend over de producten die gemaakt worden uit de gerecyclede drankenkartons?
3. Wat is het recyclingpercentage van drankenkartons in 2020, volgens de rekenregels zoals verwoord in EU 2018/852?
4. Welke relevante ontwikkelingen vinden plaats die invloed hebben op het toekomstig gebruik en de recycling van drankenkartons?

Uitvoeringswijze

Dit rapport maakt gebruik van drie bronnen:

- Algemene wetenschappelijke literatuur over drankenkartons en de recycling van drankenkartons. Deze literatuur is beperkt in omvang. Er is één overzichtartikel en dat besteedt nauwelijks woorden aan de verpulping, maar vooral aan verwerkingsmogelijkheden voor het drijvende bijproduct (ook wel PolyAl genoemd) (Robertson, 2021). Er is een levenscyclusanalyse over de verwerkingsopties voor dit bijproduct (Khan et al., 2021). De openbare wetenschappelijke literatuur besteedt nauwelijks aandacht aan de vervuiling van drankenkartonafval. Daarmee beschrijft deze literatuur de Nederlandse situatie minder goed. Omdat er relatief veel viskeuze levensmiddelen (yoghurt, vla) in Nederland in drankenkartons worden verpakt, is Nederlands drankenkartonmateriaal ook meer verontreinigd dan hetzelfde materiaal uit andere landen.
- Een drietal technische rapporten uit 2013, 2014 en 2017 die de recyclingketen van drankenkartons beschrijven en veel technische details geven van Nederlandse drankenkartons, ten aanzien van samenstelling en procesefficiëntie (Thoden van Velzen et al., 2013, 2014 en 2017).
- De meest recente informatie omtrent de gewichten drankenkartons die op de Nederlandse markt zijn gebracht in 2020 en de gewichten sorteerproduct dat geproduceerd en afgeleverd is aan gecertificeerde recyclingbedrijven in 2020. Deze informatie werd van Afvalfonds Verpakkingen en Nedvang BV verkregen. Hierbij wordt de opmerking gemaakt dat 2020 een uitzonderlijk jaar was in twee opzichten. Ten eerste was de consumptie van huishoudens en de inzamelresultaten van huishoudelijke verpakkingstromen hoger dan in voorgaande jaren ten gevolge van de Covid-19 pandemie. Ten tweede, werden er in 2020 ook voorraden sorteerproduct uit 2019 verwerkt en valt de hoeveelheid verwerkt sorteerproduct daarmee relatief hoog uit.

Met deze informatie worden de onderzoeksvragen beantwoord. Het rapport is intern gereviewd, extern beoordeeld op feitelijke juistheid en leesbaarheid en vervolgens weer intern beoordeeld op correctheid. Hiermee werden de juiste procedures gevolgd en is het onderzoek onafhankelijk uitgevoerd.

2 Methode en bronnen

2.1 Oorsprong van de gegevens

De oorsprong van de gebruikte informatie is zoveel mogelijk gehaald uit de openbare literatuur, in Tabel 1 is hier een overzicht van gegeven. Enkele gegevens waren niet beschikbaar in de openbare literatuur, deze werden verkregen van het Afvalfonds Verpakkingen en Stichting Hedra (Stichting Hergebruik Drankenkartons). Dit betreft het gewicht aan drankenkartons dat op de markt is gebracht in 2020 en het gewicht aan sorteerproduct dat aan recyclingbedrijven is geleverd. Ter verificatie van de gewichten geleverd sorteerproduct hebben WUR onderzoekers contact gehad met vertegenwoordigers van sorteerbeidrijven.

Tabel 1 *Herkomst van de onderzoeksgegevens.*

Gegevens	Herkomst
Soorten drankenkartons op de Nederlandse markt	(Thoden van Velzen et al., 2013)
Materiaalsamenstelling van de 14 soorten drankenkartons op de Nederlandse markt	(Thoden van Velzen et al., 2013)
Objectsamenstelling van gesorteerde drankenkartons	(Thoden van Velzen et al., 2017)
Overdrachtscoëfficiënten voor de mechanische recycling van drankenkartons	(Thoden van Velzen et al., 2013)
Gehalte drankenkartons in ingezameld PMD	(Thoden van Velzen et al., 2017)
Gewicht gescheiden ingezameld PMD in 2020 in Nederland	CBS Statline
Gewicht drankenkartons op de Nederlandse markt gebracht in 2020	Afvalfonds Verpakkingen
Gewicht gesorteerde drankenkartons die in 2020 is geleverd aan gecertificeerde recyclingbedrijven	Afvalfonds Verpakkingen
Vochtgehalte van vers geproduceerd drankenkarton-laminaat	EXTR:ACT (A) via stichting Hedra

A: EXTR:ACT is (www.extr-act.eu) is een Europees platform dat technische kennis verspreid over de recycling van drankenkartons en vergelijkbare samengestelde verpakkingen.

Uit de openbare gegevens van CBS-Statline blijkt dat er in Nederland in 2020 500 ton drankenkartons gescheiden zouden zijn ingezameld. Navraag bij het Afvalfonds Verpakkingen leerde dat zij de juistheid hiervan niet kunnen bevestigen en ook niet weten wat er met dit ingezamelde materiaal gebeurd is. Zodoende is besloten deze relatief geringe hoeveelheid (circa half netto massaprocent van wat er op de markt is gebracht) niet mee te nemen in de analyse.

2.2 Berekeningswijze recyclingpercentage

Een algemene beschrijving van de berekeningswijze voor het recyclingpercentage volgens de EU richtlijn 2018/852 (COUNCIL, 2018) en de implementatie-beslissing EU 2019/665 (EU Commission, 2019) staat beschreven in een voorgaand rapport (Thoden van Velzen et al., 2019). De interpretatie van wat dit betekent voor drankenkartons wordt gegeven in paragraaf 3.5. Hierbij wordt de recent verschenen Nederlandse ministeriële regelgeving meegenomen (Staatscourant, 2021).

3 Resultaten

3.1 Drankenkartons op de Nederlandse markt

Volgens Afvalfonds Verpakkingen is er in 2020 55,24 kton drankenkartons op de Nederlandse markt gebracht. Hieruit blijkt dat het nationale gebruik van drankenkartons een dalende trend vertoont van ca. 70 kton in 2013 (Thoden van Velzen et al., 2013) naar ca. 60 kton in 2017 (Thoden van Velzen et al., 2017) naar 55,24 kton in 2020.

In 2013 werden er veertien verschillende typen drankenkartons op de Nederlandse markt onderscheiden (Thoden van Velzen et al., 2013) op basis van hun materiaalsamenstelling en het soort product dat ze bevatten. Het overzicht van de veertien soorten en marktverdeling in 2013 staat in Tabel 2. Zover ons bekend zijn er geen recentere analyses van drankenkartons op de Nederlandse markt beschikbaar. We hebben geen aanwijzingen dat deze marktverdeling wezenlijk veranderd is sinds 2013 en daarom hebben we deze verhoudingen ook gebruikt in de berekeningen.

Tabel 2 Soorten drankenkartons op de Nederlandse markt en de marktverdeling in 2013 (Thoden van Velzen et al., 2013).

Soort drankenkarton naar inhoud	Marktverdeling in 2013, [%]
Gepasteuriseerde melk \geq 1 liter	21 \pm 8
Gepasteuriseerde melk < 1 liter	0.5 \pm 0.5
Gesteriliseerde UHT melk \geq 1 liter	12 \pm 8
Gesteriliseerde UHT melk < 1 liter	0.3 \pm 0.3
Yoghurt en vla \geq 1 liter	22 \pm 6
Yoghurt en vla < 1 liter	0.7 \pm 0.5
Sap \geq 1 liter	27 \pm 5%
Sap < 1 liter	0.9 \pm 0.4
Gepasteuriseerde drinkyoghurt \geq 1 liter	7 \pm 2
Gepasteuriseerde drinkyoghurt < 1 liter	0.4 \pm 0.4
Gesteriliseerde drinkyoghurt \geq 1 liter	1.9 \pm 1.3
Gesteriliseerde drinkyoghurt < 1 liter	0.3 \pm 0.4
Diversen \geq 1 liter	4 \pm 3
Diversen < 1 liter	2 \pm 1

Ingezamelde drankenkartons bevatten productresten en aanhangend vocht en vuil. De som van deze verontreinigingen wordt het vocht- en vuilgehalte genoemd. Dit gehalte wordt bepaald per soort drankenkarton. Tien drankenkartons van één soort worden vies gewogen, gewassen en gedroogd en opnieuw gewogen. Uit het gewichtsverschil wordt het vocht- en vuilgehalte bepaald door het gewichtsverlies te delen door het aanvangsgewicht (van de vuile en vochtige kartons). Dit is in 2013 en 2016 uitgebreid onderzocht, de resultaten staan in Tabel 3. Drankenkartons worden behalve gescheiden ingezameld ook via nascheiding uit huisvuil verkregen. Rijkswaterstaat heeft in 2021 nog een overkoepelend getal gemeten en gerapporteerd voor alle drankenkartons aanwezig in gemengd huishoudelijk restafval, dit was 51% (Rijkswaterstaat, 2021). Dit getal ligt dus aanzienlijk hoger dan de waarden in Tabel 3, omdat Rijkswaterstaat drankenkartons uit restafval onderzocht en de waarden in Tabel 3 voor 2016 voor met PMD ingezamelde drankenkartons zijn.

Tabel 3 *Het gehalte aanhangend vocht en vuil van gescheiden ingezamelde drankenkartons naar categorie in 2013 (Thoden van Velzen et al., 2013) en van met PMD ingezamelde drankenkartons in 2016 (Thoden van Velzen et al., 2017).*

Soort drankenkarton naar inhoud	Gehalte aanhangend vocht en vuil uit gescheiden inzameling in 2013,	Gehalte aanhangend vocht en vuil drankenkartons met PMD gescheiden ingezameld in 2016, [%]
	[%]	[%]
Gepasteuriseerde melk ≥ 1 liter	25 ± 3	26 ± 6
Gepasteuriseerde melk < 1 liter	22 ± 6	15 ± 12
Gesteriliseerde UHT melk ≥ 1 liter	30 ± 8	25 ± 9
Gesteriliseerde UHT melk < 1 liter	32 ± 7	24 ± 13
Yoghurt en vla ≥ 1 liter	63 ± 8	54 ± 15
Yoghurt en vla < 1 liter	64 ± 12	45 ± 24
Sap ≥ 1 liter	28 ± 5	23 ± 6
Sap < 1 liter	19 ± 9	19 ± 7
Gepasteuriseerde drinkyoghurt ≥ 1 liter	52 ± 11	46 ± 10
Gepasteuriseerde drinkyoghurt < 1 liter	48 ± 10	26 ± 24
Gesteriliseerde drinkyoghurt ≥ 1 liter	35 ± 5	23 ± 17
Gesteriliseerde drinkyoghurt < 1 liter	37 ± 8	22 ± 20
Diversen ≥ 1 liter	26 ± 9	28 ± 14
Diversen < 1 liter	53 ± 18	31 ± 10
Gewogen gemiddelde	38 ± 7	33 ± 9

De schoon gewassen en gedroogde drankenkartons bestaan uit verschillende materialen. Deze materiaalsamenstelling per soort drankenkarton is voor de laatste keer uitgebreid onderzocht in 2013, de resultaten staan in Tabel 4.

Tabel 4 *De materiaalsamenstelling van de veertien soorten drankenkartons in 2013 (Thoden van Velzen et al., 2013), [%].*

Soort drankenkarton naar inhoud	Houtvezel	Aluminium	PE folie	PE vormvast	PP vormvast	PP folie
Gepast. melk ≥ 1 liter	79		13	8	0	0
Gepast. melk < 1 liter	75		15	10	0	0
Gesteril. UHT melk ≥ 1 liter	72	5	17	5	1	0
Gesteril. UHT melk < 1 liter	67	6	22	0	4	1
Yoghurt en vla ≥ 1 liter	78		12	10	0	0
Yoghurt en vla < 1 liter	79		16	5	0	0
Sap ≥ 1 liter	70	4	20	3	3	0
Sap < 1 liter	67	5	23	0	4	1
Gepast. drinkyoghurt ≥ 1 liter	78		13	9	0	0
Gepast. drinkyoghurt < 1 liter	72		14	14	0	0
Gesteril. drinkyoghurt ≥ 1 liter	71	5	17	4	3	0
Gesteril. drinkyoghurt < 1 liter	67	6	22	0	4	1
Diversen ≥ 1 liter	73	4	17	4	2	0
Diversen < 1 liter	67	6	22	2	3	0

Het lichaam van het drankenkarton wordt gevormd door de materialen houtvezel en PE folie, eventueel aangevuld met aluminium als het karton lucht- en lichtdicht moet zijn. De nekstukken en de draaidoppen zijn gemaakt van vormvaste PE of PP. Daarnaast werden er in 2013 nog rietjes in kleine zakjes toegevoegd aan de kleine drankenkartons, die waren destijds gemaakt van vormvaste PP en PP folie. Vanwege de Europese *Single Use Plastics* regelgeving worden deze tegenwoordig vervangen door kartonnen rietjes. Ook spelen er voorzichtige trends om drankenkartons weer zonder draaidop en nekstuk uit te rusten. Daarnaast zijn er testen met drankenkartons waarin het aluminium is vervangen door alternatieve materialen zoals poly(ethyleen-co-vinyl alcohol) (ook wel EVOH genaamd). Zover ons bekend zijn deze veranderingen nog

beperkt doorgevoerd. Vermoedelijk zal de invloed op de gemiddelde materiaalsamenstelling per soort drankenkarton nu nog beperkt zijn.

3.2 Recyclingketen van drankenkartons

Zover ons bekend verkopen vier bedrijven drankenkarton-materialen aan verpakkende bedrijven, die er vervolgens producten mee verpakken: Elopak, Tetrapak, SIG-Combibloc en Alternapak. De verpakkende bedrijven die drankenkartons gebruiken om hun producten te verpakken zijn hoofdzakelijk zuivel- en sap-bedrijven. Maar zelfs producten als broodbeleg en vogelvoer worden hierin soms verpakt. Dit zijn geen dranken, echter de verpakkingsvorm is wel vergelijkbaar met die van een melkpak en daarom worden deze weinig voorkomende verpakkingen bij afvalsorteringen vaak wel meegeteld bij de categorie "drankenkartons". Overigens neemt het Afvalfonds deze afwijkende "drankenkartons" niet mee bij de hoeveelheid verpakking die op de markt is gebracht. Drankenkartons zijn typische consumentenverpakkingen. De meest gangbare drankenkartons zijn de 1,0 en 1,5 liter pakken voor melk, drinkyoghurt en sap en iets minder gangbaar het 2 liter pak voor water (overigens ingedeeld bij diversen ≥ 1 liter). Daarnaast worden kleinere drankenkartons gebruikt voor het verpakken van dranken die vooral buitenshuis worden geconsumeerd. Drankenkartons worden voornamelijk afgedankt in huishoudelijke afvalstromen als PMD en gemengd huishoudelijk restafval. Daarnaast worden ze ook aangetroffen in publieke afvalbakken, bedrijfsafval van kantoren, scholen, winkels en instellingen en in het zwerfafval. In het recente verleden werden drankenkartons ook gescheiden ingezameld of in combinatie met alleen kunststofverpakkingen (PD) maar deze inzamelwijzen komen nu nog maar weinig voor in Nederland (zie data van CBS Statline). Verreweg de meeste drankenkartons die in Nederland worden ingezameld, worden met de PMD stroom ingezameld. Naast de gescheiden inzameling worden er ook drankenkartons uit het gemengd huishoudelijke restafval nagescheiden. Ook zijn er gemeenten die vormen van bron- en nascheiding combineren. Het laatst bekende overzicht van de verdeling van inzamelmethoden over de gemeenten staat in Tabel 5. Dit overzicht is afkomstig van het Afvalfonds Verpakkingen en Nedvang BV. Kanttekening bij deze informatie is dat dit overzicht volatiel is en dus snel wijzigt.

Tabel 5 Inzamelwijze PMD van de Nederlandse gemeenten in 2020 volgens de best beschikbare benadering van het Afvalfonds Verpakkingen met de aantekening dat dit volatiele gegevens zijn die snel veranderen.

Soort Inzamelsysteem	Aantal gemeenten, [#]	Bevolkingsdeel, [%]
PMD bronscheiding	226	62%
Nascheiding	41	6%
Bron en nascheiding hele gemeente	47	Samen 32%
Bron- en nascheiding in aparte inzamelgebieden	38	

Het totale gewicht gescheiden ingezameld PMD was volgens CBS Statline in 2020 378 kton en het gemiddelde gehalte aan drankenkartons in PMD was volgens de analyses van 2016 13 ± 4 % bruto (n=24) (Thoden van Velzen et al., 2017), zie ook Tabel 6. Een jaar later rapporteerde het LCKVA een vergelijkbaar percentage van ongeveer 11% over 422 monsters (LCKVA, 2018). De gemiddelde samenstelling van gescheiden ingezameld PMD in 2016 op objectniveau staat vermeld in Tabel 6. Dit betekent dat er circa 49 ± 15 kton drankenkartons bruto in het PMD zaten. Dit komt overeen met circa 33 ± 10 kton netto drankenkartons, na correctie voor de vocht- en vuilgehalten van elk soort drankenkarton, zoals gegeven in Tabel 3. Het Nederlandse PMD werd in 2020 hoofdzakelijk gesorteerd bij vier sorteerbebedrijven, waarbij het product "drankenkartons" (specificatie DKR 510) werd gemaakt. De gemiddelde samenstelling van het sorteerproduct "drankenkartons" in 2016 op objectniveau staat ook in Tabel 6.

Tabel 6 Gemiddelde samenstelling van gescheiden ingezameld PMD en het sorteerproduct "drankenkartons" (DKR 510) in 2016 met de nadruk op de verschillende soorten drankenkartons (Thoden van Velzen et al., 2017).

Drankenkarton en ander materiaal	Gemiddelde samenstelling PMD in 2016	Gemiddelde samenstelling sorteerproduct drankenkartons
Gepast. melk ≥ 1 liter	2.4%	14.5%
Gepast. melk < 1 liter	0.1%	0.3%
Gesteril. UHT melk ≥ 1 liter	1.5%	20.9%
Gesteril. UHT melk < 1 liter	0.1%	0.4%
Yoghurt en vla ≥ 1 liter	3.2%	14.3%
Yoghurt en vla < 1 liter	0.3%	0.7%
Sap ≥ 1 liter	2.5%	22.1%
Sap < 1 liter	0.8%	1.7%
Gepast. drinkyoghurt ≥ 1 liter	0.9%	4.9%
Gepast. drinkyoghurt < 1 liter	0.1%	0.3%
Gesteril. drinkyoghurt ≥ 1 liter	0.1%	1.3%
Gesteril. drinkyoghurt < 1 liter	0.1%	0.3%
Diversen ≥ 1 liter	0.5%	4.2%
Diversen < 1 liter	0.4%	3.7%
Papier en Karton	3.9%	2.1%
Organisch en ondefinieerbaar afval	5.9%	0.7%
Textiel	1.3%	0.2%
Ferro-metalen	5.6%	0.0%
Non-Ferro metalen	2.4%	0.1%
Glas	0.9%	0.0%
Kunststof	66.4%	6.7%
Agglomeraten	0.8%	0.6%
Som drankenkartons	13%	90%

Deze gemiddelde samenstellingen op objectniveau van de verschillende materiaalstromen (Tabel 6) kunnen met de gehalten aanhangend vocht en vuil (Tabel 3) en de materiaalsamenstellingen van de verschillende soorten drankenkartons (Tabel 4) omgerekend worden naar de gemiddelde materiaalsamenstelling die betrekking heeft op alleen de drankenkartons. Deze samenstellingen op materiaalniveau van alleen de drankenkartons staan in Tabel 7.

Tabel 7 Berekende gemiddelde materiaalsamenstelling van drankenkartons op verschillende plaatsen in de keten, [%].

	Op de markt netto	PMD netto	Sorteerproduct netto	Sorteerproduct bruto
Houtvezel	74,6	73,9	73,3	47,5
Aluminium	2,1	2,4	3,0	2,0
Kunststof	23,3	23,6	23,7	21,4
Rest	NVT	NVT	NVT	29,1

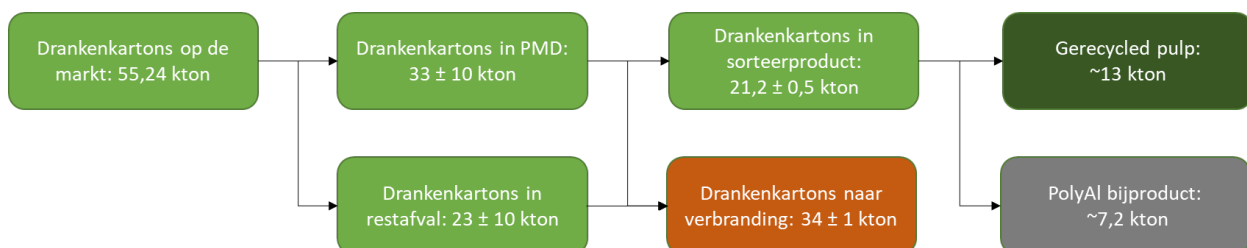
NVT: Niet van Toepassing

Hieruit blijkt dat de netto berekende materiaalsamenstelling van de drankenkartons redelijk constant is in de keten en slechts in beperkte mate varieert ten gevolge van een iets andere verdeling naar de soorten drankenkartons die daar aanwezig zijn. Ook is een bruto-berekening van de gemiddelde materiaal-samenstelling van het sorteerproduct drankenkartons uitgevoerd, hieruit blijkt dat 29,1% van het gewicht van een baal gesorteerde drankenkartons bestaat uit andere materialen en aanhangend vocht en vuil. Van deze 29,1% is 27,6% aanhangend vocht en vuil aan de drankenkartons en 1,5% andere materialen (glas, metaal, kunststof, etc.).

Ook werden drankenkartons uit gemengd huishoudelijk restafval nagescheiden bij vijf nascheidingsinstallaties. Van drie van deze installaties werd het verpakkingsconcentraat gesorteerd samen met PMD bij twee sorteerbebedrijven. De nagescheiden drankenkartons van deze drie nascheidingsinstallaties werden dus op de reguliere wijze gesorteerd en gerecycled. Van de andere twee nascheidingsinstallaties werden de drankenkartons niet verder verwerkt, maar verbrand. Het exacte gewicht drankenkartons dat uit gemengd huishoudelijk restafval is nagescheiden en gesorteerd is dus niet openbaar bekend voor 2020.

Het sorteerproduct "drankenkartons" werd in 2020 naar ca. 4 recyclingbedrijven geleverd. Hiervan waren de twee belangrijkste: Delkeskamp in Nortrup (DE) en Papierfabrik Niederauer Mühle in Kreuzau (DE). Kleinere hoeveelheden werden in 2020 aan een Frans en een Spaans recyclingbedrijf geleverd. Volgens het Afvalfonds Verpakkingen werd er in 2020 34,17 kton sorteerproduct "drankenkartons" geleverd aan deze recyclingbedrijven. Dit is dus de som van drankenkartons uit PMD en nascheiding. Dit geleverde gewicht sorteerproduct komt overeen met een brutogewicht aan drankenkartons van $30,6 \pm 0,7$ kton (na aftrek van andere materialen als kunststof, glas, metaal enzovoort) en met een nettogewicht van $21,2 \pm 0,5$ kton drankenkartons (na aftrek van aanhangend vocht en vuil per soort drankenkarton). Hierbij moet opgemerkt worden dat de hoeveelheid geleverd sorteerproduct in 2020 relatief hoog is geweest omdat er ook voorraden uit 2019 in 2020 aan recyclingbedrijven zijn uitgeleverd (Afvalfonds Verpakkingen, 2021). De recyclingbedrijven wonnen uit de Nederlandse drankenkartons pulp terug die zij gebruikten voor de productie van kartonnen dozen en kokers. Het drijvende bijproduct (een mengsel van polyolefine en aluminium) werd in 2020 hoofdzakelijk verhandeld aan cementovens als brandstof.

Een schematisch ketenbeeld staat in Figuur 1. Hierin staat het nettogewicht aan drankenkartons dat in Nederland op de markt kwam in 2020. Van de andere plaatsen in de keten zijn de nettogewichten berekend op basis uit de verzamelde informatie. Van bijvoorbeeld het totale gewicht aan sorteerproduct wordt het brutogewicht (34,17 kton) gerapporteerd, wat wij hebben omgerekend met de gemiddelde samenstelling van het sorteerproduct (Tabel 6) en de gehalten aanhangend vocht- en vuil (Tabel 3) in een nettogewicht van $21,2 \pm 0,5$ kton. De berekeningen hiervan zijn eerder gegeven in deze paragraaf en zijn samengevat in Tabel 8.



Figuur 1 Schematisch ketenbeeld voor Nederlandse drankenkartons in 2020. De vermelde gewichten zijn netto (dus na aftrek van andere materialen (kunststof, glas, metaal, enz.) en aanhangend vocht en vuil). Dit betekent dus dat de meeste getallen zijn berekend met bekende verhoudingen, afleidingen of coëfficiënten

3.3 Berekening van de hoeveelheden recyclingproducten die in 2020 uit de drankenkartons gemaakt zijn

De netto- en bruto-gewichten aan drankenkartons die in 2020 in Nederland op de markt zijn gebracht, gescheiden zijn ingezameld met PMD en daaruit zijn gesorteerd naar het sorteerproduct "drankenkartons" (DKS) staan vermeld in Tabel 8. Overigens zijn in het sorteerproduct "drankenkartons" (DKR 510) ook nagescheiden drankenkartons aanwezig. Deze gewichten zijn berekend met verzamelde gegevens uit de voorgaande paragrafen.

Tabel 8 De netto- en bruto-gewichten aan drankenkartons die in 2020 op de markt zijn gebracht, gescheiden zijn ingezameld en gesorteerd zijn naar het doel-sorteerproduct "drankenkartons" [kton].

	Op de markt	Ingezameld met PMD	Aanwezig in sorteerproduct drankenkartons
Nettogewicht drankenkartons	55,24	33 ± 10	21,2 ± 0,5
Nettogewicht houtvezel van deze drankenkartons	41,20	24 ± 7	16,2 ± 0,4
Aanhangend vocht en vuil	NVT	17 ± 5	9,4 ± 0,2
Brutogewicht drankenkartons	NVT	49 ± 15	30,6 ± 0,7
Andere aanwezige materialen	NVT	329 ± 15	3,6 ± 0,1
Totaal brutogewicht	NVT	378	34,17

NVT: Niet van Toepassing

De productie van het hoofd-recyclingproduct (pulp/vezelproduct), de bijproducten en de afvalstromen werden berekend met het gewicht sorteerproduct zoals vermeld in tabel 8, de gemiddelde object-samenstelling van het sorteerproduct drankenkartons uit Tabel 6 en de overdrachtscoëfficiënten voor de materialen die hierin aanwezig waren zoals die in 2013 gerapporteerd werden (Thoden van Velzen et al., 2013). Deze berekening van het recyclingproces levert niet alleen de hoeveelheden van de producten en afvalstromen maar ook de samenstelling hiervan. Deze gegevens staan opgesomd in Tabel 9. Hieruit blijkt dat het hoofdproduct pulp een gewicht op droge stof basis heeft van 13,31 kton en dat dit hoofdzakelijk uit vezels bestaat (97,8%), wat overeenkomt met een netto-vezelgewicht van 13,01 kton.

Tabel 9 Gewichten van de recycling hoofd- en bijproducten gemaakt uit de in 2020 gesorteerde drankenkartons [kton] en de samenstelling van deze producten op droge stofbasis [%].

	Vezelproduct/pulp	Drijvend bijproduct	Zinkend bijproduct	Opgeloste stof in proceswater
Nettogewicht vezels	13,01	NVT	NVT	NVT
Nettogewicht droge stof	13,31	7,2	0,6	2,9
Vochtgewicht	1,02	0,1	1,9	NVT
Brutogewicht	14,33	7,3	2,5	NVT
Samenstelling op droge stofbasis				
Vezels	97,8%	2,2%	0%	99,5%
Aluminium	0,2%	8,5%	0,1%	
Kunststof	2,0%	86,5%	63,2%	
Andere materialen	0,0%	2,7%	36,7%	0,5%

NVT: Niet van Toepassing

3.4 Interpretatie van EU richtlijn en de Nederlandse regeling voor het berekenen van recyclingpercentages voor drankenkartons

Tot nu toe is er geen methodiek bekend waarmee het recyclingpercentage van drankenkartons formeel kan worden berekend. Er was immers geen recyclingdoelstelling voor dit type verpakking en zodoende ook geen rekenmethodiek. Er is een Europese implementatiebeslissing EU 2019/665 (EU Commission, 2019) waarin beschreven staat hoe recyclingpercentages berekend moeten worden en er is een Nederlandse ministeriële

regeling (Staatscourant, 2021). Beide juridische teksten zijn grotendeels vergelijkbaar, kennen wel een iets andere opbouw en leggen andere accenten.

In Annex II van de implementatiebeslissing EU 2019/665 (EU Commission, 2019) en in bijlage II van de ministeriële regeling verslaglegging verpakkingen (Staatscourant, 2021) staan de formele berekeningspunten (het punt in het recyclingproces waar de berekening voor het recyclingpercentage gemaakt dient te worden) voor de verschillende verpakkingsmaterialen. Drankenkartons staan niet in beide overzichten. Echter in de EU beslissing staat "composietverpakking en verpakkingen bestaande uit meerdere materialen" wel in deze lijst en drankenkartons voldoen aan deze beschrijving. In de Nederlandse ministeriële regeling wordt dit overigens "samengestelde verpakkingen" genoemd, de tekst van berekeningspunt is verder identiek. De beschrijving van het berekeningspunt voor composietverpakkingen is als volgt: "*Kunststof, glas, metaal, hout, papier en karton en andere materialen die het resultaat zijn van de behandeling van composietverpakkingen of van verpakkingen bestaande uit meerdere materialen die geen verdere verwerking ondergaan voordat zij het berekeningspunt bereiken dat voor het desbetreffende materiaal is vastgesteld.*" Omdat van de Nederlandse drankenkartons in 2020 alleen de houtvezel-component werd gerecycled, geldt dus het rekenpunt van papier en karton. Dit rekenpunt luidt: "gesorteerd papier en karton dat geen verdere verwerking ondergaat voordat het een pulphandeling ingaat". Dus het rekenpunt is voor drankenkartons dus het gewicht houtvezel in het sorteerproduct "drankenkartons" dat geleverd is aan recyclingbedrijven.

Een aantal artikelen van de implementatiebeslissing EU 2019/665 (EU Commission, 2019) en de Nederlandse ministeriële regeling (Staatscourant, 2021) is in het bijzonder relevant voor Nederlandse drankenkartons. Deze artikelen worden hieronder besproken en geïnterpreteerd. EUIB verwijst naar de Europese implementatiebeslissing en NLMR verwijst naar de Nederlandse ministeriële regeling.

EUIB Artikel 3b, lid 4: "*Indien de output van de sorteerinstallatie zonder significante verliezen naar effectieve recycling- of teruggewinningsprocessen wordt gestuurd, is het aanvaardbaar om deze output als het gewicht van het teruggewonnen of gerecycleerd verpakkingsafval te beschouwen.*"

Interpretatie: Aangezien er wel aanzienlijke verliezen zijn tijdens de recycling van drankenkartons (Zie paragraaf 3.3 en Tabel 8 waaruit blijkt dat er aanzienlijke hoeveelheden andere materialen en aanhangend vocht en vuil aanwezig zijn in het sorteerproduct) mag het gewicht sorteerproduct niet ongecorrigeerd worden gebruikt als het gewicht gerecycled materiaal.

EUIB Artikel 4 lid 1: "*Om te berekenen of de in artikel 6, lid 1, onder a) tot en met e), van Richtlijn 94/62/EG vastgestelde doelstellingen zijn verwezenlijkt, wordt verpakkingsafval dat uit de Unie wordt uitgevoerd alleen als teruggewonnen of gerecycleerd meegeteld als er degelijk bewijs is dat de teruggewinning en/of recycling hebben plaatsgevonden onder omstandigheden die in grote lijnen gelijkwaardig zijn aan die welke in de toepasselijke wetgeving van de Unie zijn voorgeschreven.*"

NLMR Artikel 5.1.f: "*wordt verpakkingsafval dat buiten de Europese Unie wordt gerecycled, alleen als gerecycled verpakkingsafval meegeteld indien de recycling heeft plaatsgevonden onder omstandigheden die in grote lijnen gelijkwaardig zijn aan die welke in de toepasselijke milieuwetgeving van de Europese Unie zijn voorgeschreven.*"

Interpretatie: Nederlandse drankenkartons worden in Duitsland, Frankrijk en Spanje verwerkt bij gecertificeerde recyclingbedrijven en de Nederlandse drankenkartons die aldaar worden gerecycled mogen dus worden meegerekend voor het Nederlandse recyclingpercentage.

EUIB Artikel 5 lid 1: "*Om te berekenen of de in artikel 6, lid 1, onder a) tot en met e), van Richtlijn 94/62/EG vastgestelde doelstellingen zijn verwezenlijkt, wordt het gewicht van het teruggewonnen of gerecycleerd verpakkingsafval gemeten gebruikmakend van een natuurlijke vochtigheidsgraad van het verpakkingsafval die vergelijkbaar is met de vochtigheidsgraad van de gelijkwaardige op de markt gebrachte verpakking.*"

NLMR Artikel 5.1.g: "*wordt bij het meten van het gewicht van het gerecycled verpakkingsafval gebruik gemaakt van de natuurlijke vochtigheidsgraad van het verpakkingsafval die vergelijkbaar is met de natuurlijke vochtigheidsgraad van gelijkwaardige voor het insluiten, beschermen, verladen, afleveren of aanbieden van in de handel gebrachte producten, gebruikte verpakkingen.*"

Interpretatie: Deze bepaling zegt dat we niet het drooggewicht aan houtvezel dat aanwezig is in het sorteerproduct moeten nemen, maar mogen corrigeren voor het natuurlijke vochtgehalte van vers geproduceerd drankenkartonlaminaat. Het gemiddelde vochtgehalte van in Europa

geproduceerde drankenkartons ligt volgens een verklaring van de Europese branchevereniging EXTR:ACT op 5,3%.

EUIB Artikel 5b, lid 2: *“Om te berekenen of de in artikel 6, lid 1, onder a) tot en met e), van Richtlijn 94/62/EG vastgestelde doelstellingen zijn verwezenlijkt, wordt, voor zover dit uitvoerbaar is, het gewicht van niet-verpakkingsmateriaal dat samen met het verpakkingsafval is opgehaald, niet meegeteld.”*

NLMR Artikel 5.1.h: *“wordt het gewicht van niet-verpakkingsmateriaal of verpakkingsmateriaal dat niet in Nederland is gebruikt niet meegeteld”.*

Interpretatie: Aangezien er nauwelijks drankenkarton-niet-verpakkingen bestaan, hoeft hier dus ook niet voor gecorrigeerd te worden.

EUIB Artikel 6 quater 1.a. *“De hoeveelheid gerecycleerd verpakkingsafval is de hoeveelheid afval bij het rekenpunt. In de hoeveelheid afval die de recyclingshandeling binnenkomt, zijn doelmaterialen begrepen. Dit afval mag alleen niet-doelmateriaal omvatten voor zover de aanwezigheid hiervan bij de specifieke recyclingshandeling is toegestaan.”*

Interpretatie: Hieruit wordt opgemaakt dat het niet-doelmateriaal oud-papier en karton dat aanwezig is in het sorteerproduct drankenkartons mag worden meegerekend met het gewicht aan gerecycled materiaal (pulp).

EUIB Artikel 6 quater 1.b. *“Indien het meetpunt betrekking heeft op de output van een installatie die zonder verdere voorbehandeling afval voor recycling verstuurt, of betrekking heeft op de input van een installatie waar het afval zonder verdere voorbehandeling wordt ingebracht, wordt de hoeveelheid gesorteerd afval die door de recyclinginrichting wordt afgewezen, niet meegerekend in de hoeveelheid gerecycleerd afval.”*

Interpretatie: Aangezien het Afvalfonds Verpakkingen geweigerde sorteerproducten niet meerekent in het gewicht aan recyclingbedrijven aangeboden en geaccepteerde drankenkartons, is dit artikel verder niet relevant.

Omdat in 2020 alleen de teruggewonnen vezels werden gerecycled is het gewicht aan houtvezels in het sorteerproduct “drankenkartons” dat verhandeld is aan recyclingbedrijven, gecorrigeerd voor het natuurlijke vochtgehalte van drankenkartons, het gewicht aan gerecycled materiaal. Het drijvende bijproduct, ook wel bekend als PolyAl rejets, werd in 2020 hoofdzakelijk als brandstof voor cementovens toegepast. Dit is een toepassing die gekenschetst kan worden als een andere vorm van nuttige toepassing, niet zijnde recycling, en deze is volgens de kaderrichtlijn afvalstoffen (EU Commission and Parliament, 2008) geen vorm van recycling.

In de toekomstige situatie dat PolyAl rejets wel worden gerecycled, zullen deze ook moeten meegenomen in het recyclingpercentage. Van dit materiaal kan het kunststof en het aluminium in principe worden gerecycled. Hiervoor zullen dan de rekenpunten gelden die voor kunststof en aluminium gelden. Het rekenpunt voor kunststof is maalgoed dat verder geen verwerking ondergaat alvorens het geëxtrudeerd, gepelletiseerd of in vormen wordt gegoten. Het rekenpunt voor aluminium is gesorteerd metaal dat verder geen verwerking ondergaat alvorens het een smelterij of oven ingaat. Dus in het geval de toekomstige verwerking van PolyAl rejets aparte productstromen oplevert van kunststof-maalgoed en aluminiumkorrels mogen de droge gewichten hiervan meegerekend worden bij het gerecyclede gewicht.

3.5 Recyclingpercentage voor drankenkartons in 2020

Het recyclingpercentage voor drankenkartons kan berekend worden met Vergelijking 1, waarin het gewicht aan gerecycled materiaal (M_{REC}) gedeeld wordt door het gewicht aan op de markt gebracht verpakkingen (M_{ODM}). Dit gewicht gerecycled materiaal is volgens het rekenpunt (zie paragraaf 3.5) gelijk aan het gewicht aan houtvezel aanwezig in het sorteerproduct “drankenkartons” dat verhandeld werd aan recyclingbedrijven en moet nog worden gecorrigeerd voor het natuurlijk vochtgehalte van geproduceerde drankenkartons (VG).

$$\eta_{\text{Drankenkartons}} = \frac{M_{\text{REC}} \times (100\% + VG)}{M_{\text{ODM}}}$$

Vergelijking 1 Recyclingpercentage wordt berekend door het nettogewicht aan gerecycled materiaal te delen door het gewicht aan verpakkingen die op de markt worden gebracht en te corrigeren voor het natuurlijke vochtgehalte van geproduceerde drankenkartons.

Aangezien er $16,2 \pm 0,4$ kton houtvezel aanwezig was in het sorteerproduct "drankenkartons" dat in 2020 verhandeld werd aan recyclingbedrijven, het natuurlijke vochtgehalte van geproduceerd drankenkartonlaminaat 5,3% was en het nettogewicht aan op de markt gebrachte drankenkartons 55,24 kton bedroeg, was het recyclingpercentage voor Nederlandse drankenkartons in 2020 $31,0 \pm 0,7\%$. Dit percentage valt in 2020 relatief hoog uit omdat er in 2020 ook sorteerproduct uit 2019 is uitgeleverd aan recyclingbedrijven (Afvalfonds Verpakkingen, 2021).

Gevoeligheidsanalyse

Deze berekening stoelt op meerdere factoren die onzeker zijn om uiteenlopende redenen. Ten eerste zijn de samenstellingsanalyses van gesorteerde drankenkartons verricht in 2017 en zodoende zijn de gehalten aan aanhangend vocht en vuil mogelijk veranderd. Ten tweede is de overdrachtscoëfficiënt van de drankenkartons uit het PMD naar het sorteerproduct drankenkartons met 65% laag in 2020. Dit is de wetenschappelijke benaming voor wat gangbaarder het sorteerrendement heet. Hiermee bedoelen we dus hoeveel drankenkartons die in het PMD aanwezig zijn ook daadwerkelijk in het sorteerproduct "drankenkartons" terecht komen. Eigenlijk is dit nog een overschatting van het feitelijke sorteerrendement, omdat het sorteerproduct "drankenkartons" niet alleen gemaakt is van PMD maar ook van nascheiding, maar de laatste bijdrage is onbekend. Het eigenlijke sorteerrendement van PMD naar sorteerproduct zal dus lager zijn dan 65%. De vraag is waarom dit sorteerrendement zo laag is. Mogelijk is dit het gevolg van de beperkte marktvraag naar gesorteerde drankenkartons (zie paragraaf 4.3). Eerder bepaalde sorteerrendementen bedroegen 39%, 51% en 55% in 2013 (Feil et al., 2016), $73 \pm 5\%$ voor het sorteren van Nederlandse PMD en PD in 2016 (Thoden van Velzen et al., 2017), 73% voor Belgische PMD+ in 2020 (Kleinhans et al., 2021). De waarden voor 2013 waren gemeten in sorteerinstallaties die niet ontworpen waren voor PMD en mogen als onderschattingen worden gezien. De Nederlandse waarde voor 2016 is een rekenkundige afleiding van de samenstelling van de ingaande PMD en PD stromen en de uitgaande sorteerproducten. De Belgische waarde van 73% is berekend door overdrachtscoëfficiënten te bepalen voor elke individuele scheidingsmachine (zeef, windzifter, ballistische scheider, NIR) in een sorteerinstallatie en die waarden te vermenigvuldigen. Realistisch kan het sorteerrendement variëren tussen 50 en 75% (afgeronde waarden). Met deze twee parameters is een gevoeligheidsanalyse verricht, zie Tabel 10.

Tabel 10 Gevoeligheidsanalyse met twee parameters voor de berekening van het recyclingpercentage.

	Huidige waarde en bandbreedte van de parameter die gevarieerd wordt in de gevoeligheidsanalyse	Minimaal en maximale waarden recyclingpercentage
Gemiddeld gehalte aanhangend vocht en vuil sorteerproduct	31%, 25-40%	27,1-33,5%
Sorteerrendement	65%, 50-75%	23,7-35,8%
Bandbreedte van het resultaat		24-36%

Uit deze gevoeligheidsanalyse blijkt dat het sorteerrendement de grootste invloed heeft. Sorteerrndementen van 73% zijn eerder gemeld voor het sorteren van Belgisch PMD+ en Nederlandse mengsels van PD en PMD uit bronscheiding (Kleinhans, et al., 2021; Thoden van Velzen, et al., 2017). Sorteerrndementen onder de 50% zijn onwaarschijnlijk voor moderne sorteerinstallaties, tenzij het ingezamelde materiaal sterk vervuuld is of de markt verstoord is en er sprake is van vraaguitval. Alles samenvattend blijkt uit deze gevoeligheidsanalyse dat het recyclingpercentage voor Nederlandse drankenkartons in 2020 zich tussen de 24 en de 36% bevindt.

4 Discussie

In dit hoofdstuk wordt de recycling van drankenkartons in een bredere context geplaatst.

4.1 Gebruik van drankenkartons in relatie tot duurzaamheid

Drankenkartons worden in Nederland gebruikt voor een aantal verschillende producten, waarvan de belangrijkste zijn: melk, sap, yoghurt, vla en drinkyoghurt. Deze producten zijn vaak lastig om in zijn geheel uit een verpakking te krijgen, zoals blijkt uit de relatief hoge gehalten aan aanhangend vocht en vuil (Tabel 3). Deze resten kunnen in het afvalstadium indrogen en zijn daarna lastig af te spoelen. Bovendien ontbinden deze productresten zich in het afvalstadium en kunnen bij voldoende lange verblijftijden bij hoge temperaturen kwalijk ruikend worden. Zodoende kunnen voorraden gesorteerde drankenkartons die worden opgeslagen in de open lucht leiden tot geuroverlast voor de omwonenden, alsmede tot overlast door ongedierte. Zowel sorteerbijbedrijven als recyclingbedrijven zijn hiermee bekend en hebben beleid om de opslagtijd en verwerkingstijd van dit sorteerproduct zo kort mogelijk te houden. In andere Europese landen zijn dergelijke producten of niet op de markt (zoals vla) of worden ze in plastic of glazen pot-verpakkingen verkocht (bijvoorbeeld yoghurt). Voordeel van dit verpakkingsconcept is dat potten beter te ledigen zijn, maar ook in potten blijven restanten achter. Het nadeel is dat deze glazen potten vaak aanzienlijk zwaarder zijn dan drankenkartons, wat sterk doorrekent in levenscyclusanalyses (LCA's). Hierdoor veroorzaken drankenkartons vaak minder uitstoot van broeikasgassen dan alternatieve verpakkingen. Dit is recent nog herbevestigd in een grote Duitse studie. Zelfs herbruikbare glazen melkflessen bleken meer koolzuuruitstoot te veroorzaken dan eenmalig bruikbare drankenkartons (Kauertz, 2020). Het relatief hoge energie-, water- en chemicaliënverbruik tijdens het reinigen van de meermalig bruikbare melkflessen en het beperkt gemiddeld aantal omlopen (ca. 10) die in de praktijk hiermee verwezenlijkt worden, waren hier mede debet aan. Verder lag er een onderliggende veronderstelling aan ten grondslag dat de melkflessen in de huidige productielocaties worden afgevuld, wat indirect leidt tot hogere transportafstanden, wat weer ongunstig is voor meermalig bruikbare verpakkingen. Niettegenstaande al deze verzachtende omstandigheden komt ook uit deze analyse naar voren dat eenmalig bruikbare verpakkingen voor dit type producten te prefereren zijn boven herbruikbare, wat samenhangt met het hoge energiegebruik om deze verpakkingen volledig hygiënisch te reinigen. De grote voordelen van drankenkartons zijn het lichte gewicht en het hoge aandeel hernieuwbare grondstof dat er in verwerkt is (karton).

4.2 Veranderende percepties van duurzaamheid

Alle activiteiten kennen verschillende milieueffecten. Voor een aantal milieueffecten zijn goed onderbouwde rekenmethodieken ontwikkeld alsmede ook uitgebreide databases met relevante parameters om die effecten te kunnen berekenen. Een bekend voorbeeld hiervan zijn de broeikasgasemissies die in LCA's voor een verpakt product kunnen worden bepaald. Het klimaatprobleem is urgent en de methode is goed ontwikkeld, zodat veel belanghebbenden dit ook één van de belangrijkste milieueffecten achten. Daarom is deze methode ook omarmd door de verpakkende industrie en heeft een groot deel hiervan zichzelf ook doelen gesteld om deze emissies te reduceren. Het streven naar minder broeikasgasemissies voor verpakte producten leidt in het algemeen tot het verlagen van het verpakkingsgewicht en vaak ook tot het verhogen van het aandeel hernieuwbare grondstoffen of als dat mogelijk is ook gerecyclede grondstoffen. Daarmee zijn drankenkartons relatief in het voordeel ten opzichte van glazen potten & flessen. Ten opzichte van plastic potten en flessen is dit het voordeel geringer (Kauertz, 2020).

Na de ontdekking van plastic soep rond 2015 begonnen meer belanghebbenden zich zorgen te maken over het gebruik van eenmalig bruikbare kunststof verpakkingen. Een van de eerste alternatieve strategieën was de New Plastic Economy van de Ellen Mc Arthur Foundation in 2016, waarbij werd ingezet op meer recycling, minder lekkage en een ontkoppeling van fossiele grondstoffen (World Economic Forum, 2016). Hierna volgde de Europese Commissie in 2018 met haar Plastic strategie (EU Commission, 2018), waarin opgeroepen wordt

om meer te recyclen, meer PET flessen in te zamelen en enkele eenmalig bruikbare kunststofartikelen te verbieden. Hierna volgden meerdere "Pledges" van verpakkende bedrijven. Het plastic pact van 2019 is het bekendste waarin verschillende bedrijven beloven vanaf 2025 of 2030 alleen nog recyclebare verpakkingen op de markt te zetten (NL Plastic Pact, 2022; Ellen MacArthur Foundation, 2022). Hierdoor zijn verschillende bedrijven, NGO's en overheden gaan streven naar recyclebaarheid of zelfs naar circulariteit. Er is niet langer sprake van één leidend duurzaamheidsdoel (reductie van broeikasgassen) maar ook indicatoren voor recyclebaarheid, circulariteit en de potentie om zwerfafval te vormen zijn belangrijk worden. Terwijl er voor broeikasgassen breed geaccepteerde rekenmethoden bestaan, is dat nog niet het geval voor de nieuwe indicatoren. Dit heeft het streven om het verpakkingsgebruik te verduurzamen een heel nieuwe dynamiek gegeven. Dit heeft ook zijn weerslag op de drankenkartons.

In Nederland is er nu nog geen doelstelling voor de recycling van drankenkartons. Drankenkartons zijn formeel een samengestelde verpakking. De recycling van drankenkartons draagt zodoende potentieel bij aan de recyclingpercentages voor verpakkingen gemaakt van papier & karton, kunststof en metaal. Aangezien Nederland de recyclingpercentages voor deze materialen behaalt (Afvalfonds Verpakkingen, 2021), voldoet zij daarmee aan de huidige wettelijke eisen. Desondanks heeft het Afvalfonds Verpakkingen de recycling van drankenkartons in de afgelopen jaren financieel ondersteund door onder andere de verwerkingsvergoedingen te betalen.

Het ontbreken van nationale statistiek omtrent de recycling van drankenkartons en het feit dat niet alle gesorteerde drankenkartons ook gerecycled worden heeft een negatieve invloed op het besluitvormingsproces van verpakkende bedrijven. Een aantal kleine producten (smoothies, sappen) worden nu niet meer in drankenkartons maar in PET flessen aangeboden. Bij de keuze voor het verpakkingsmateriaal spelen vele aspecten, waaronder de uitstraling op het schap, kosten, beschikbare machines, etc. maar nu ook de recyclebaarheid van de verpakkingen. Aangezien PET flessen nu in hoge mate worden ingezameld en gerecycled en deze inzamel- en recyclingpercentages lager uitvallen voor drankenkartons, kiezen enkele kleine verpakkende bedrijven nu voor PET flessen in plaats van drankenkartons. Daar staat tegenover dat met de invoering van statiegeld op kleine PET flesjes medio 2021 een aantal producenten juist overstapten naar drankenkartons en na kritiek hierop deze verandering weer terugdraaiden (Distrifood, 2021). Drankenkarton-producenten geven aan te streven naar een gelijk speelveld tussen de verpakkingsmaterialen (glas, metaal, papier en kunststof) en willen de recycling van drankenkartons een positieve impuls geven.

4.3 Effecten van de volatiele oud-papiermarkt op de recycling van drankenkartons

De markt voor gesorteerde drankenkartons is in de afgelopen jaren volatiel en turbulent geweest. Tot en met 2017 was de markt van vraag en aanbod redelijk in evenwicht. Nederlandse drankenkartons golden wel als meer vervuild dan drankenkartons uit andere landen, maar werden desalniettemin nagenoeg allemaal gerecycled.

In 2018 volgde er een grote verstoring van de markt in de vorm van het Nationale Zwaardbeleid van de regering van de volksrepubliek China, waardoor oud-papier en kunststofafval niet meer naar China geëxporteerd kon worden. Het directe gevolg was dat Europa te maken kreeg met een overschot aan oud-papier. De afzet van lastiger te verwerken drankenkartons werd moeizamer en de verwerkingstarieven stegen. Pas in 2020 met de Covid-crisis nam de vraag naar karton enorm toe. Bovendien werd er geïnvesteerd in het uitbreiden van de recyclingcapaciteit in Europa en herstelde de afzet van gesorteerde drankenkartons. Kortom, in het recente verleden is de afzet kostbaarder geweest. Meerdere belanghebbenden proberen dergelijke grote volatilititeiten in de toekomst te voorkomen. Hierbij moet worden opgemerkt dat Nederlandse drankenkartons gelden als de meest vervuilde drankenkartons bij de Europese recyclingbedrijven en dat deze bedrijven dus de voorkeur geven aan schonere drankenkartons uit andere landen. Nu de markt voor gesorteerde drankenkartons weer opleeft zullen de schonere drankenkartons eerst worden verwerkt en dalen de verwerkingstarieven voor de meer vervuilde drankenkartons.

4.4 Opkomst van nieuwe recyclingtechnologieën

Het drijvende bijproduct van drankenkartonrecycling (PolyAl) werd tot voor kort nagenoeg volledig aan de cementovens verkocht die het zowel als brandstof gebruikten maar ook als een goedkope bron van aluminium. Formeel is een brandstof geen vorm van recycling volgens de definitie in de kaderrichtlijn afvalbeheer (EU Parlement and Commission, 2008), ook al hebben de aluminiumzouten een positieve invloed op de kwaliteit van het cement.

Het Europese verband van drankenkartonbedrijven (ACE) is begonnen de verwerkingscapaciteit voor gesorteerde drankenkartons uit te breiden en ook specifieke reject-recyclingbedrijven te stichten. In dat kader is in 2021 het reject-recyclingbedrijf Palurec nabij Keulen geopend (Palurec, 2022). Hier produceert men uit de rejects twee mengpolyolefine-producten en aluminium. Wanneer dit de stand der techniek wordt, zal het een positieve impuls geven aan het recyclingpercentage, omdat er dan niet alleen pulp wordt gerecycled, maar ook plastic en aluminium. Bovendien heeft deze PolyAl recycling hopelijk een positief effect op het financiële rendement voor drankenkarton recyclingbedrijven, aangezien de afzetkosten voor de rejects zullen verlagen, wat mogelijk weer kan doorwerken in lagere verwerkingstarieven voor drankenkartons.

4.5 Groeimogelijkheden voor het recyclingpercentage

Het recyclingpercentage voor drankenkartons kan op drie manieren verhoogd worden in de toekomst; al het reeds geproduceerde sorteerproduct ook aanleveren aan recyclingbedrijven, beter gaan sorteren, en het gaan recycleren van het drijvende bijproduct (PolyAl).

Alle sorteerproduct gaan verwerken

In 2020 werd niet al het geproduceerde sorteerproduct daadwerkelijk verhandeld en geleverd aan recyclingbedrijven. In ieder geval werd het sorteerproduct drankenkartons van twee nascheidingsinstallaties niet verhandeld aan recyclingbedrijven. Omdat deze nascheidingsinstallaties in 2021 wel het sorteerproduct verhandelden aan recyclingbedrijven, is de productie van deze bedrijven in 2021 ongeveer de hoeveelheid sorteerproduct die in 2020 extra had kunnen worden geleverd. Beide nascheiding-bedrijven hebben volgens het Afvalfonds Verpakkingen in 2021 ongeveer 4,5 kton aan sorteerproduct drankenkartons verhandeld met gecertificeerde recyclingbedrijven. Formeel is dit een voorlopig cijfer, dat nog getoetst moet worden. Desondanks geeft het wel een beeld van de groeipotentie voor nascheiding. Het recyclingpercentage komt dan zo'n 4% hoger uit en bedraagt dan 35% in plaats van 31%.

De beperkte recyclingcapaciteit voor nagescheiden en gesorteerde drankenkartons maakt het langdurig verwezenlijken van deze verbetermogelijkheid lastig. Zodoende is het sterk wenselijk dat de recyclingcapaciteit voor drankenkartons in Europa wordt uitgebreid, zodat meer recyclingbedrijven deze nagescheiden sorteerproducten accepteren.

Beter gaan sorteren

In 2020 werden de drankenkartons niet optimaal gesorteerd. Gemiddeld genomen moet de sorteerefficiëntie onder de 65% hebben gelegen. We kunnen de sorteerefficiëntie niet precies berekenen omdat het officieel geregistreerde gewicht aan geleverd sorteerproduct afkomstig is uit bron- en nascheiding. Hoe dan ook het moet dus onder de 65% hebben gelegen en dat is relatief laag. Moderne sorteerinstallaties die zijn ontworpen voor PMD als grondstof, moeten een sorteerefficiëntie van 73% kunnen halen. En zoals uit de gevoeligheidsanalyse blijkt, levert een dergelijke verbetering van de sorteerefficiëntie gelijk een hoger recyclingpercentage (36% i.p.v. 31%) op. De achterliggende redenen, waarom er niet optimaal gesorteerd wordt, zijn divers:

- De marktvraag naar gesorteerde drankenkartons uit Nederland was gering, oftewel er moesten verwerkingsvergoedingen betaald worden. Zodoende heeft het bereiken van hoge sorteerefficiënties geen hoge prioriteit bij directies van sorteerbedrijven gehad. Inmiddels ligt de ketenregie sinds 2020 bij Nedvang / Afvalfonds en wordt het sorteerbeleid door hen bepaald,

- Nederlandse sorteerbeidrijven behoren inmiddels niet meer tot de meest vooruitstrevende in de wereld, de beste exemplaren staan nu in België en Zweden. Dit is deels te wijten aan de wet van de remmende voorsprong en ook aan de brand bij Prezero Zwolle,
- Het ingaande PMD materiaal heeft te maken hoge gehalten aan "ongewenste bijdragen", zoals organisch materiaal, textiel, hout en ander restafval (LCKVA, 2018). De sorteerbeidrijven zijn nooit ontworpen geweest voor deze relatief hoge gehalten restafval in het PMD, waardoor de werkingsgraad lager uitkomt dan waar de installaties voor ontworpen zijn.
- Nederlandse drankenkartons bevatten meer productresten dan buitenlandse drankenkartons. In het bijzonder van de viskeuze producten yoghurt, vla en drinkyoghurt blijven er bovengemiddeld veel resten achter in deze drankenkartons (Tabel 3). Deze hoge gewichten aan productresten leiden tot ander sorteergedrag, vooral bij het NIR sorteren; de zware pakken met resten zullen niet door het perslucht kunnen worden uitgeblazen.

PolyAl recycling

In 2020 werden bijproducten van de recycling van drankenkartons nauwelijks verwerkt, verreweg het meeste werd als brandstof in cementovens toegepast. Kleine hoeveelheden werden gebruikt door ReCon BV om vogelvoederhouders te maken. Pas in de herfst van 2021 opende een toegesneden installatie voor de drijvende bijproducten van drankenkartons (PolyAl). Dit bedrijf heet Palurec, is gevestigd nabij Keulen en is ontworpen om 18 kton Europees PolyAl per jaar te gaan verwerken tot een mengpolyolefine, aluminium en pulprest. Dit bedrijf is pas net opgestart en de verwerkingsefficiëntie is nog niet onafhankelijk vastgesteld. Als dit de stand van de techniek wordt, zijn er twee vragen: 1) wat is de technische efficiëntie van de terugwinning en 2) hoe moeten deze bijproducten meegerekend worden in het recyclingpercentage?

Op basis van de overdrachtscoëfficiënten zoals wij die in 2013 bij Repa Boltersdorf (Thoden van Velzen, 2013) hebben bepaald zou er maximaal 6,8 kton drijvend reject kunnen worden teruggewonnen uit de 34,17 kton sorteerproduct die in 2020 werd geleverd aan recyclingbedrijven. Hieruit kan dan onder ideale scheidingsomstandigheden maximaal 6,2 kton polyolefine worden teruggewonnen en 0,6 kton aluminium. Maar de feitelijke procesrendementen van de nieuwe installatie zijn nog onbekend. Zodoende hebben we veiligheidshalve gerekend met een procesrendement van 80%. In dat geval zou er 5,0 kton polyolefine en 0,5 kton aluminium kunnen worden geproduceerd uit de drijvende rejects.

Het rekenpunt voor het teruggewonnen kunststof is het nettogewicht aan gewassen maalgoed. Het rekenpunt voor het aluminium is het nettogewicht dat aan een smelterij wordt geleverd.

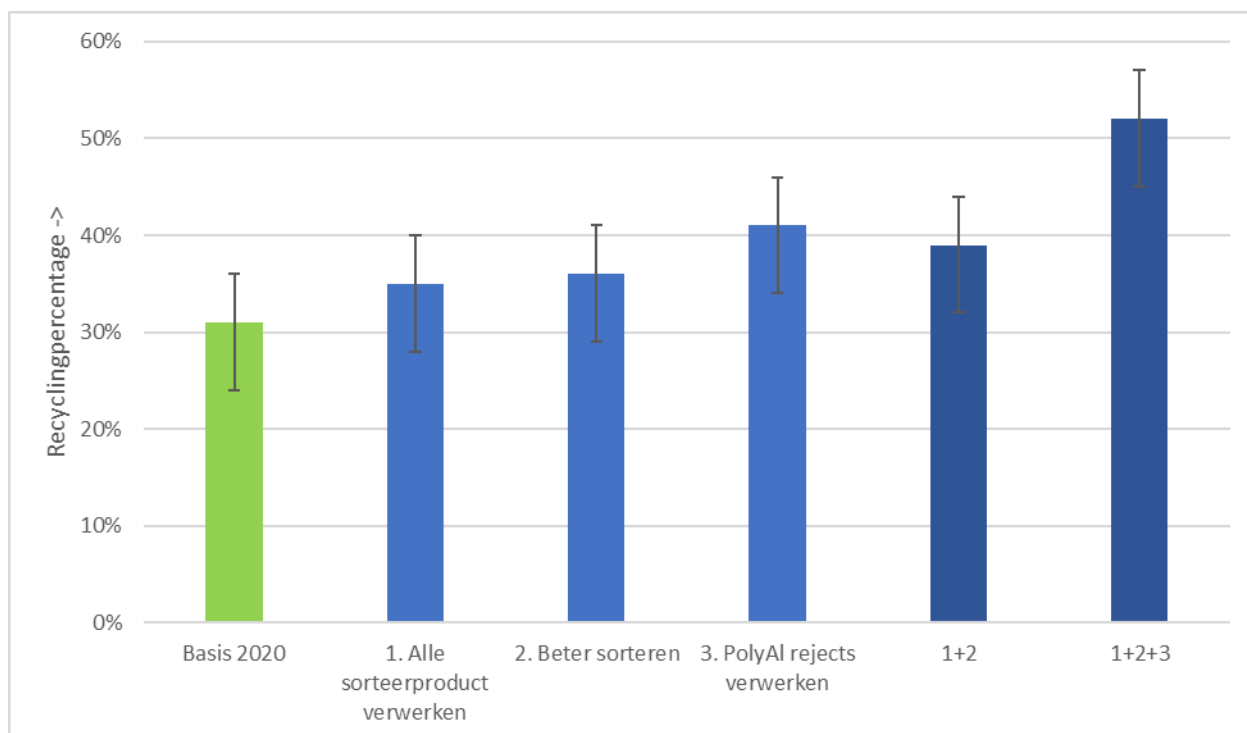
Dus als deze hoeveelheden meegerekend zouden worden in het recyclingpercentage, dan stijgt dit tot 41%. Hierbij moet dus opgemerkt worden dat dit een verkennende berekening is met een grote mate van onzekerheid omdat de procesrendementen onbekend zijn en de veronderstelling is gedaan dat alle drijvende rejects verwerkt zou worden. Verder moet opgemerkt worden dat de verwerkingscapaciteit voor PolyAl rejects nu nog heel beperkt is in Europa. In de huidige situatie van een krappe capaciteit zullen PolyAl rejects uit Nederland moeten concurreren met die uit andere landen om verwerkt te kunnen worden. Daarmee is het verwezenlijken van deze verbeteroptie in de komende jaren nog onzeker.

Combinatie

In het zeer uitzonderlijke scenario dat alle verbetermaatregelen worden gecombineerd (dus beter sorteren, alles verwerken en het PolyAl gaan verwerken) zou het recyclingpercentage stijgen naar ongeveer 52%, zie Figuur 2.

Opgemerkt moet worden dat dit een hypothetisch scenario is. De ervaring uit het recente verleden leert immers dat het lastig was om al het sorteerproduct "drankenkartons" te verhandelen zonder hoge verwerkingsvergoedingen te betalen. De Europese belangenorganisaties van drankenkarton-producenten (ACE en EXTR:ACT) zijn wel gericht bezig om de capaciteit aan recyclingbedrijven en PolyAl-verwerkers uit te breiden in Europa. Dat is een goede ontwikkeling en een eerste voorwaarde voor verbetering. Een tweede belangrijke voorwaarde is dat er een intensieve en doelgerichte samenwerking nodig is tussen alle belanghebbenden om hogere recyclingpercentages te bereiken. Immers het is niet in het huidige belang van alle betrokkenen om dit doel te halen. Hiermee bedoelen wij dat cementovens nog steeds de rejects zullen willen bemachtigen als goedkope brandstof en bron van aluminium, dat inzameldiensten nog steeds streven naar zo weinig mogelijk restafval (waardoor de kans op verontreiniging van het PMD groot blijft en dus het sorteerresultaat suboptimaal zal blijven), sorteerbeidrijven zullen meer belang hechten aan het beter

uitsorteren van waardevolle fracties en recyclingbedrijven blijven Nederlandse drankenkartons de minst aantrekkelijke grondstof vinden ten gevolge van het hoge niveau van verontreiniging. Bovendien leert het recente verleden (2019 en 2020) dat toen niet al het geproduceerde sorteerproduct 'drankenkartons' verhandeld werd aan recyclingbedrijven. Kortom met de uitbreiding van de verwerkingscapaciteit wordt een goede stap gezet, maar ketenregie is even zeer belangrijk om hoge recyclingpercentages te kunnen benaderen.



Figuur 2 *Groeimogelijkheden voor het recyclingpercentage van drankenkartons in de toekomst, als al het sorteerproduct verwerkt wordt, er beter gesorteerd gaat worden en de drijvende rejets (PolyAl) verwerkt gaan worden*

De hier geschetste verbeteringen zullen niet op korte termijn verwezenlijkt kunnen worden. Belangrijk is dat de capaciteit voor nagescheiden en gesorteerde drankenkartons wordt uitgebreid en dat de capaciteit voor de PolyAl rejets wordt uitgebreid. Hiervoor zullen nieuwe recyclinginstallaties moeten worden gebouwd. De ervaring leert dat hiervoor meerdere jaren noodzakelijk zijn. Ook is het belangrijk dat de kwaliteit van het ingezamelde PMD verbetert, zodat de sorteerefficiënties hoger worden. De kwaliteit van het ingezamelde PMD heeft de volle aandacht van Nedvang en de inzameldiensten, maar ook hier leert de ervaring dat hiervoor meerdere jaren nodig zijn. Zodoende zal het eventueel verwezenlijken van hogere recyclingpercentages meerdere jaren duren en mede afhangen van investeringsbeslissingen van individuele recyclingbedrijven en het inzamelbeleid van gemeenten.

5 Conclusies

Het recyclingpercentage van Nederlandse drankenkartons in 2020 is berekend aan de hand van de rekenregels zoals die zijn verwoord in EU 2019/665 en de Nederlandse ministeriele regeling. Dit percentage is gelijk aan het nettogewicht aan houtvezel dat aanwezig is in het sorteerproduct "drankenkartons" dat geleverd is aan recyclingbedrijven gecorrigeerd voor het gemiddelde vochtgehalte van geproduceerd drankenkartonlaminaat gedeeld door het gewicht aan drankenkartons dat op de markt is gekomen. Dit nettogewicht aan houtvezel in het sorteerproduct werd herleid uit het brutogewicht sorteerproduct, de object-samenstelling van het sorteerproduct, de gemiddelde materiaalsamenstelling van de veertien verschillende soorten drankenkartons en de gemiddelde gehalten aan aanhangend vocht- en vuil van deze veertien verschillende soorten drankenkartons. Uit deze berekening bleek dat het recyclingpercentage in 2020 ongeveer 31% was. De berekening kent een aantal parameters met onzekerheden. En uit een gevoeligheidsanalyse met twee belangrijke parameters bleek dat de bandbreedte van het recyclingpercentage 24-36% was. Opgemerkt wordt dat dit relatief lage percentage deels het gevolg is van meerdere omstandigheden: er is geen recyclingdoelstelling voor drankenkartons in Nederland en de Nederlandse drankenkartons zijn relatief het meest vervuild en daardoor minder geliefd bij verwerkers.

Literatuur

- Afvalfonds Verpakkingen. (2021). *Monitoring verpakkingen - resultaten inzameling en recycling 2020*. Retrieved from Leidschendam: <https://afvalfondsverpakkingen.nl/a/i/Monitoring-verpakkingen-Resultaten-inzameling-2020.pdf>
- Commission, EU. (2018). *A European Strategy for Plastics in a Circular Economy*. (COM 2018). Brussels
- Commission, EU. (2019). COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2019/665 amending Decision 2005/270/EC establishing the formats relating to the database system pursuant to European Parliament and Council Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste. *Official Journal of the European Union*, L 112 / 26, 21.
- Commission EU and EU Parliament. (2008). DIRECTIVE 2008/98/EC Waste Framework directive. *Official Journal of the European Union*(L 312 / 3), 28.
- COUNCIL EU and EU Parliament. (2018). DIRECTIVE (EU) 2018/852 amending Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste. *Official Journal of the European Union*, L 150 / 141, 14.
- Distrifood. (2021, 11 oktober 2021). Jumbo stopt met drankkarton water na vragen Kassa. Retrieved from <https://www.distrifood.nl/assortiment/nieuws/2021/10/jumbo-stopt-met-drankkarton-water-na-vragen-kassa-101151173>
- Feil, A., Thoden van Velzen, E. U., Jansen, M., Vitz, P., Go, N., & Pretz, T. (2016). Technical assessment of processing plants as exemplified by the sorting of beverage cartons from lightweight packaging wastes. *Waste Manag*, 48, 95-105. doi:10.1016/j.wasman.2015.10.023
- Ellen MacArthur Foundation. (2022). The Plastic Pact Network. Retrieved from <https://ellenmacarthurfoundation.org/the-plastics-pact-network>
- Kauertz, B. B., M.; Bader, J. (2020). *Ökobilanzielle Betrachtung von Getränkeverbundkartons in Deutschland*. Retrieved from Heidelberg:
- Khan, M. M. H., Laitinen, V., Havukainen, J., & Horttanainen, M. (2021). Carbon footprint of different recovery options for the repulping reject from liquid packaging board waste treatment process. *Waste Manag*, 136, 93-103. doi:10.1016/j.wasman.2021.10.003
- Kleinhans, K. et al. (2021). Development and application of a predictive modelling approach for household packaging waste flows in sorting facilities. *Waste Manag*, 120, 290-302. doi: "https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.11.056
- LCKVA. (2018). Samenstelling ingezameld kunststof PMD verpakkingen - fase 2. Retrieved from: vang-hha.nl/@203281/samenstelling/
- NL, Plastic Pact. (2022). Meer met minder plastic. Retrieved from <https://www.meermetminderplastic.nl/>
- Palurec website. (2022). The PE-aluminium recycling of used beverage cartons. Retrieved from: <https://www.palurec.com/en/palurec-en/>. Accessed March 30th 2022.
- Rijkswaterstaat. (2021). *Samenstelling van het huishoudelijk restafval, sorteeranalyses 2020 ; Gemiddelde driejaarlijkse samenstelling 2019*. Retrieved from Utrecht: www.afvalcirculair.nl
- Robertson, G. (2021). Recycling of Aseptic Beverage Cartons: A Review. *Recycling*, 6(1). doi:10.3390/recycling6010020
- Staatscourant (2021). Regeling verslaglegging verpakkingen. no. 41457, 23 september 2021.
- Thoden van Velzen, E. U.; Brouwer, M.T.; Keijsers, E.; Pretz, Th.; Feil, A.; Jansen, M. (2013). *Pilot beverage cartons - extended technical report* (1440). Retrieved from Wageningen: <https://edepot.wur.nl/293560>
- Thoden van Velzen, E. U.; Brouwer, M.T.; Pretz, Th.; Jansen, M. (2014). *Aanvullende rapportage pilot drankenkartons. Terugslageffecten bij gecombineerde inzameling van kunststof en drankenkartons* (1471). Retrieved from Wageningen: <https://edepot.wur.nl/306257>
- Thoden van Velzen, E. U.; Huremovic, D.; Keijsers, E.R.P.; op den Kamp, R.; Brouwer, M.T. (2017). *Recycling of beverage cartons in the Netherlands 2016 - Technical report*. Retrieved from Wageningen: <https://doi.org/10.18174/427248>
- Thoden van Velzen, E. U.; Smeding, I.W.; Brouwer, M.T. (2019). *Verkenning effect verschuiven meetpunt recycling verpakkingen* (1984). Retrieved from <https://research.wur.nl/en/publications/verkenning-effect-verschuiven-meetpunt-recycling-verpakkingen>
- World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation. (2016). *The New Plastics Economy — Rethinking the future of plastics*. Retrieved from Cowen: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Food & Biobased Research
Bornse Weilanden 9
6708 WG Wageningen
E info.wfbr@wur.nl
wur.nl/wfbr

Rapport 2275

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

