

AEBEL

Vergelijking van de milieu-impact *van* *eenmalige en herbruikbare* *bekers op kantoor*

AUTEURS

REBEL CIRCULAR ECONOMY & TAUW

STATUS

DEFINITIEF

DATUM

3 FEBRUARI 2026



Inhoudsopgave

Begrippenlijst

1. Inleiding, onderzoeksopzet en afbakening	5
1.1 Inleiding en onderzoeksvraag	
1.2 Relevante context	
1.3 Onderzoeksopzet (en leeswijzer)	
1.4 Afbakening van onderzoek	
1.5 Over de auteurs	
1.6 Uitnodiging aan lezers	
2. Literatuurstudie eenmalig en meermalig gebruik van bekens	10
2.1 Introductie literatuurstudie	
2.2 Studies die zijn onderzocht	
2.3 Weergave van bevindingen	
2.4 Algemene bevindingen met betrekking tot context, afbakening en indicatoren	
2.5 Bevindingen met betrekking tot de productiefase	
2.6 Bevindingen met betrekking tot gebruiksfase	
2.7 Bevindingen met betrekking tot afdankingsfase	
2.8 Bevindingen met betrekking tot resultaten en break-even punten	
2.9 Overeenkomsten en verschillen tussen studies	
3. Levenscyclusanalyse eenmalige en herbruikbare bekens	23
3.1 Introductie LCA	
3.2 Ketenschets en afbakening	
3.3 Data	
3.4 Resultaten	
3.5 Break-even punt	
3.6 “Wat als”-scenario’s	
3.7 Interpretatie van resultaten	
3.8 Mogelijkheden voor verbetering van de LCA	
4. Conclusie en blik vooruit	40
4.1 Samenvatting van inzichten uit hoofdstuk 1, 2 en 3	
4.2 Beantwoording onderzoeksvraag	
4.3 Blik vooruit	
Bronvermelding	44
Bijlage A: Toelichting op het ReCiPe model	45
Bijlage B: Technische levensduur herbruikbare bekens	47
Bijlage C: Data met betrekking tot wassen van herbruikbare bekens	48
Bijlage D: Ecoinvent datasets	50
Bijlage E: Aanvullende resultaten milieu-impact analyse	53

Begrippenlijst

BEGRIJP	TOELICHTING
Algemeen	
Eenmalige bekers (of: bekers voor eenmalig gebruik)	Bekers die na één gebruiksmoment worden afgedankt. In dit rapport betreft dit papieren bekers met een kunststof coating (gemaakt van LDPE, zie toelichting verderop).
FAST-standaard	Modeller-standaard die staat voor “ <i>Flexible, Appropriate, Structured & Transparent</i> ” modellen, waarin input, berekeningen en output inzichtelijk en herleidbaar zijn. De FAST-standaard zorgt dat modellen begrijpelijk, herleidbaar en controleerbaar zijn.
Functionele eenheid	De meetbare eenheid waarop de vergelijking wordt gebaseerd. In dit onderzoek: het gebruik van drinkbekers binnen een kantoorsetting gedurende één jaar.
Herbruikbare bekers (of: bekers voor meermalig gebruik)	Bekers die meerdere keren worden gebruikt en na één of meerdere keren gebruik worden gewassen. In dit onderzoek gaat het om PP (zie toelichting verderop), glazen en keramische bekers.
Indicator	Een meetwaarde die een specifiek type milieueffect uitdrukt, zoals CO ₂ -uitstoot, watergebruik of landgebruik. In dit rapport focussen we op vier kernindicatoren, in bijlage E staan de resultaten voor alle indicatoren.
Levenscyclusanalyse (LCA)	Methode om de milieueffecten van een product te beoordelen over de volledige levenscyclus: van grondstofwinning tot en met afdanking.
ReCiPe	Een veelgebruikte methode voor het berekenen van milieu-impact in LCA's. ReCiPe omvat zowel <i>midpoint</i> indicatoren (bijvoorbeeld klimaatverandering) als <i>endpoint</i> indicatoren (bijvoorbeeld human health). In bijlage A staat een nadere toelichting op de ReCiPe methode.
Systeemgrenzen	De afbakening van processen die worden meegenomen in de analyse. In dit onderzoek omvat de LCA de processen van materiaalwinning, productie, distributie, gebruik (incl. wassen) en afdanking.
Levenscyclusanalyse	
Afdankfase	De fase waarin bekers niet langer worden gebruikt en worden verwerkt via recycling of verbranding.
Gebruiksfase	De fase waarin bekers daadwerkelijk worden gebruikt. Voor herbruikbare bekers omvat dit ook het wassen op locatie of extern.
Ketenstap	Afgebakend proces in de levenscyclus van een product, waarin grondstoffen en energie worden omgezet in een product, bijproduct of dienst te leveren, inclusief bijbehorende emissies en afvalstromen.
Levenscyclus	Het geheel van alle aan elkaar verbonden, opeenvolgende levensfasen die een product gedurende de volledige levensduur doorloopt.
Levensfase	Categorisatie van onderdelen in de levenscyclus van een product, zoals de productie-, gebruiks- en afdankfase. Levensfasen bestaan uit een samenhangende set van ketenstappen en overlappen elkaar niet.
Low-density polyethylene (LDPE)	Kunststof met een lage dichtheid. Wordt gebruikt als coating in papieren bekers om deze vloeistofbestendig te maken.

Papieren beker	Papieren beker met een kunststof coating, bedoeld voor eenmalig gebruik. In de literatuur worden papieren bekens voor eenmalig gebruik ook 'papieren wegwerpbekers' of 'disposables' genoemd. In dit onderzoek gebruiken we de term papieren bekens.
Polypropyleen (PP)	Kunststof die veel wordt gebruikt voor herbruikbare bekens ('hardcups'). PP is stevig, vormvast en geschikt voor meermaals wassen.
Productiefase	De fase waarin materialen worden gewonnen en bekens worden geproduceerd, inclusief coating en verwerking van grondstoffen.
Recycling	Het verwerken van gebruikte en afgedankte bekens tot nieuwe grondstoffen, zodat inzet van <i>virgin</i> materiaal (deels) wordt voorkomen. Voor papieren bekens betreft dit het terugwinnen van papervezels; voor herbruikbare bekens vooral het recyclen van afgedankte PP-, glas- of keramiekfracties (waar technisch mogelijk).
Verbranding	Verbranding van restafval in Nederlandse afvalverbrandingsinstallaties, waarbij energie wordt teruggewonnen.
Wasproces	Het reinigen van herbruikbare bekens. Dit kan plaatsvinden in een reguliere vaatwasser (glas/keramiek) of in een industriële wasinstallatie (PP). Het wasproces draagt bij aan de milieu-impact via water- en energiegebruik.

1.

Inleiding, onderzoeksopzet *en* *afbakening*



WAT LEES JE IN DIT HOOFDSTUK?

De Tweede Kamer heeft aan het kabinet gevraagd om een onderzoek te doen naar de effecten van verschillende soorten drinkbekers op het milieu. Daarom is in maart 2025 besloten om een onafhankelijk onderzoek te laten uitvoeren. Dit onderzoek vergelijkt eenmalige papieren bekiers met een kunststof coating met drie herbruikbare bekiers: kunststof, glas en keramiek. Rebel en TAUW voerden het onderzoek uit in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Het onderzoek kijkt naar de hele levensduur van de bekiers. Die loopt van het maken van de materialen, tot het gebruik en het wassen van herbruikbare bekiers, tot aan het weggooien of recyclen. De effecten op het

milieu worden gemeten op meerdere punten. Denk bijvoorbeeld aan de uitstoot van broeikasgassen, het gebruik van water en grondstoffen en de effecten op mens en natuur. De belangrijkste vraag is welke beker, bij gelijk gebruik, het beste is voor het milieu.

De eenmalige en herbruikbare bekiers worden vergeleken in een kantooromgeving. Mensen drinken hun drankje daar ter plekke. Er zijn vier scenario's onderzocht: één eenmalige beker en drie herbruikbare bekiers. Het onderzoek laat de lezer duidelijk zien welke data op welke manier is gebruikt. Er is een rekenmodel gemaakt om de milieueffecten te berekenen. Dat model kan later ook voor andere scenario's gebruikt worden.

1.1 Inleiding en onderzoeksvraag

De Tweede Kamer heeft op 6 maart 2025 een motie aangenomen waarin de regering wordt verzocht een onafhankelijk onderzoek uit te laten voeren naar de milieu-impact van eenmalige en herbruikbare bekiers.¹ Aanleiding hiervoor is de groeiende behoefte aan onderbouwd inzicht in de rol van bekiers binnen de bredere duurzaamheids- en afvalpreventiedoelstellingen, waaronder de *Single-Use Plastics* (SUP)-wetgeving en de transitie naar een circulaire economie. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft Rebel en TAUW de opdracht gegeven om dit onderzoek uit te voeren, waarbij gebruik wordt gemaakt van bestaande literatuur en rapporten over de milieu-impact van eenmalige en herbruikbare bekiers en eventueel aanvullend onderzoek wordt uitgevoerd. Het gaat het om een vergelijking tussen eenmalige papieren bekiers met een LDPE coating van 5% en drie typen herbruikbare bekiers:

- een kunststof beker (van PP);
- een glazen beker;
- een keramische beker.

Het onderzoek richt zich op de volledige levenscyclus van deze bekiers: van de productie van grondstoffen en materialen, het gebruik (en – in het geval van herbruikbare varianten – het wasproces) tot en met de afdankingsroutes zoals recycling of verbranding. Daarbij wordt gekeken naar een breed spectrum aan milieu-impactcategorieën, waaronder broeikasgasemissies, materiaal- en grondstoffengebruik, waterverbruik, toxische emissies en effecten op landgebruik en biodiversiteit.

Het doel van dit onderzoek is om beleidsmakers te ondersteunen met robuuste en begrijpelijke informatie, zodat zij weloverwogen besluiten kunnen nemen over maatregelen gericht op vermindering van wegwerpplastic, stimulering van hergebruik en het realiseren van circulaire ambities. Dit leidt tot de volgende centrale onderzoeksvraag:

Wat is, onder vergelijkbare gebruiksomstandigheden, de milieu-impact van eenmalige papieren bekiers met een kunststof coating ten opzichte van drie soorten herbruikbare bekiers?

1.2 Relevante context

De vergelijking tussen eenmalige en herbruikbare bekiers vindt plaats in het kader van de Europese *Single-Use Plastics* (SUP) Richtlijn². Deze Richtlijn heeft als doel de milieueffecten van bepaalde kunststofproducten voor eenmalig gebruik te verminderen. Drinkbekiers zijn één van de productgroepen waarop de richtlijn betrekking heeft. De SUP Richtlijn verplicht lidstaten om maatregelen te nemen die zorgen voor een ambitieuze en aanhoudende consumptievermindering. Ook wanneer bekiers slechts gedeeltelijk uit kunststof bestaan, zoals papieren bekiers met een kunststof coating, vallen die onder de reikwijdte van de SUP Richtlijn.

Nederland heeft aan deze verplichting voldaan door maatregelen te nemen via het Besluit en de Regeling kunststofproducten voor eenmalig gebruik³. Voor eenmalige bekiers en bakjes die (deels) kunststof bevatten geldt dat Nederland streeft naar een reductie van 40% in 2026 ten opzichte van 2022. In het Besluit en de Regeling kunststofproducten voor eenmalig gebruik zijn de afgelopen jaren verschillende maatregelen ingevoerd:

- Sinds juli 2023 gelden regels voor consumptie onderweg, waaronder de verplichting om eenmalig bruikbare bekiers die kunststof bevatten apart te beprijzen.
- Sinds januari 2024 mogen kunststofhoudende, eenmalige bekiers en bakjes bij consumptie ter plaatse niet worden gebruikt, tenzij gebruik wordt gemaakt van een beperkte uitzondering waarvoor voorwaarden gelden, waaronder een inzamelpercentage dat jaarlijks oploopt.

Er zijn door de Tweede Kamer verschillende moties aangenomen die de regering verzoeken om onderdelen van het beleid nader te onderzoeken of te verduidelijken. Eén daarvan, de motie-Boutkan¹, verzoekt het kabinet om een onafhankelijk onderzoek met een vergelijking tussen eenmalige en herbruikbare bekiers. Deze motie vormt de directe aanleiding voor het onderzoek dat in dit rapport wordt beschreven.

¹ Kamerstuk 32852-249, Motie van het lid Boutkan over onderzoek naar de daadwerkelijke duurzaamheid van bekiers met een plastic coating ([link](#)).

² [Single-use plastics - Environment - European Commission](#)

³ [wetten.nl - Regeling - Besluit kunststofproducten voor eenmalig gebruik - BWBR0045257](#)

Op 19 december 2025 heeft staatssecretaris Aartsen van Infrastructuur en Waterstaat – Openbaar vervoer en Milieu een Kamerbrief verzonden waarin staat dat de regelgeving voor eenmalige bekers en -bakjes wordt aangepast, om het praktijkgericht en waar nodig soepeler te maken⁴. In de kern is de nieuwe beleidslijn:

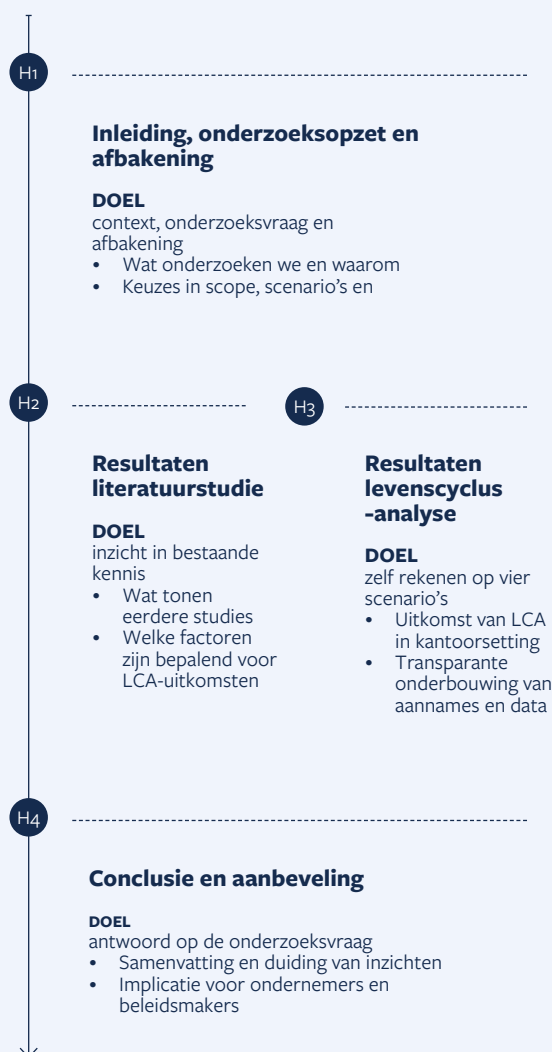
- Is herbruikbare bekers en bakjes duidelijk mogelijk zijn bij consumptie ter plaatse, is hergebruik verplicht;
- Als hergebruik lastiger is bij consumptie ter plaatse, zijn eenmalige bekers en bakjes die kunststof bevatten als uitzondering mogelijk. Hieraan zijn voorwaarden verbonden;
- Bij consumptie onderweg moeten herbruikbare bekers en bakjes mogelijk zijn voor wie dat wil.

1.3 Onderzoekopzet (en leeswijzer)

Het onderzoek bestaat uit vier onderdelen, die overeenkomen met de hoofdstukindeling van dit rapport. Figuur 1 vat de opzet samen. In hoofdstuk 1 (dit hoofdstuk) worden de context, onderzoeksvraag en afbakening vastgesteld. De kern van dit onderzoek bestaat uit een literatuuronderzoek en een levenscyclusanalyse (LCA) (hoofdstukken 2 en 3). In het literatuuronderzoek worden de inzichten uit bestaande literatuur geanalyseerd. In de LCA worden de resultaten van de vier gemodelleerde bekers in een kantoorcontext toegelicht. In hoofdstuk 4 worden inzichten samengebracht tot een antwoord op de onderzoeksvraag en de implicatie voor ondernemers en beleidsmakers.

[FIGUUR 1]

SCHEMATISCHE WEERGAVE OPBOUW RAPPORT



⁴ Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2025). Kamerbrief met reactie op moties over wijziging regelgeving voor plastic wegwerpbekers en wegwerpbakjes. Tweede Kamer der Staten-Generaal, link

1.4 Afbakening van onderzoek

Om de vergelijking tussen eenmalige en herbruikbare bekert op een transparante en reproduceerbare manier uit te voeren, is het nodig om duidelijke keuzes te maken in de afbakening van dit onderzoek. Deze keuzes zijn afgestemd met lenW.

Dataverzameling

In overleg met lenW zijn de inputwaardes voor levenscyclusdata gebaseerd op literatuuronderzoek (hoofdstuk 2). Bij de selectie van de geraadpleegde literatuur en rapporten is bewust gekozen voor een brede en evenwichtige vertegenwoordiging van perspectieven uit alle belanghebbende sectoren, om te komen tot een representatief beeld van de werkelijkheid. De milieu-impactdata is afkomstig uit de Ecoinvent database. Zie ook hoofdstuk 3.3.

Functionele eenheid en gebruikcontext

De analyse richt zich op het gebruik van drinkbekers in een kantoorcontext, waarbij consumptie ter plaatse (dus 'op kantoor') plaatsvindt. De functionele eenheid is het gebruik van bekert op kantoor gedurende één jaar. In het model dat is gebruikt is het mogelijk om de impact per dag, week of maand door te rekenen. Om het voor ondernemers relevant te houden, is gekozen de resultaten te tonen voor één jaar.

Scenario's en systeemgrenzen

In dit onderzoek worden vier scenario's beschouwd:

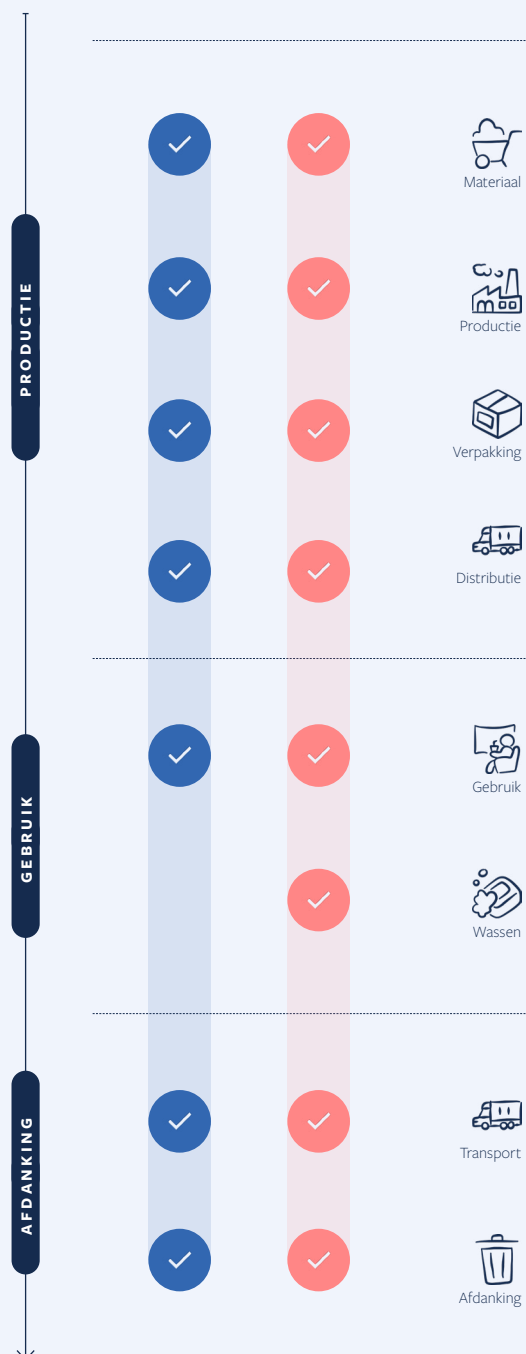
- Eenmalige beker van papier met een kunststof coating (maximaal 5% LDPE).
- Herbruikbare beker van polypropyleen (PP), extern gewassen in een industriële wasinstallatie.
- Herbruikbare beker van keramiek, op locatie gewassen in een reguliere vaatwasser.
- Herbruikbare beker van glas, eveneens op locatie gewassen in een reguliere vaatwasser.

Deze varianten vertegenwoordigen de meest gangbare materialen voor bekert voor eenmalig en meermalig gebruik in Nederland en bieden daarmee een realistische bandbreedte voor de analyse van de milieu-impact. De LCA omvat de volledige levenscyclus: productie, distributie, gebruik (inclusief wassen voor herbruikbare varianten) en afdanking. Figuur 2 geeft een schematisch weergave van deze ketenstappen; in hoofdstuk 3 wordt deze verder toelicht.

[FIGUUR 2]

SCHEMATISCHE WEERGAVE EENMALIGE EN HERBRUIKBARE BEKER-KETEN

✓ Eenmalige beker ✓ Herbruikbare beker



Impact indicatoren

In de LCA wordt de milieu-impact in verschillende impact indicatoren berekend. Omdat de LCA is uitgevoerd met behulp van de ReCiPe (een methode voor het berekenen van milieu-impact, zie ook de toelichting in de begrippenlijst), wordt de milieu-impact onder andere berekend in termen van broeikasgasemissies, watergebruik, landgebruik, toxiciteit, menselijke gezondheid en ecosysteemkwaliteit. Binnen het ReCiPe-raamwerk worden de effecten uitgedrukt op zowel *midpoint* als *endpoint* niveau. *Midpoint* indicatoren maken individuele milieueffecten zichtbaar, terwijl *endpoint* indicatoren alle individuele effecten vertalen naar de uiteindelijke schade aan mens, milieu en hulpbronnen. In bijlage A staat een verdere toelichting op het ReCiPe-methode en een overzicht van alle indicatoren. Ten behoeve van de leesbaarheid tonen we in hoofdstuk 3 de resultaten voor vier indicatoren: broeikasgasemissies, watergebruik, landgebruik en menselijke gezondheid. In bijlage E tonen we de resultaten voor alle indicatoren

1.5 Over de auteurs

Dit onderzoek is uitgevoerd door onderzoeksbureaus Rebel en TAUW. Beide organisaties hebben ervaring met het uitvoeren van vergelijkende milieu-analyses en LCA's binnen de context van verpakkingen, voedselcontactmaterialen (zoals drinkbekers) en beleidsondersteunend onderzoek.

REBEL voert regelmatig ketenanalyses, beleidsverkenningen en impactmodellen uit voor overheden en bedrijven. In de afgelopen jaren heeft Rebel de milieu-impact van bekers en andere voedselverpakkingen gemodelleerd voor verschillende organisaties, waaronder de Johan Cruijff ArenA, Delta Air Lines, Coca Cola, Verpact en het Versnellingshuis Nederland Circulair. Deze projecten vormen een belangrijke basis voor de kennis over gewicht en materialen, gebruiksgedrag, wasprocessen en afdankingsroutes die in dit onderzoek worden gebruikt.

TAUW beschikt over ruime ervaring in het uitvoeren van LCA's in diverse sectoren. Begin 2000 voerde TAUW een LCA uit naar koffiebekers, waarin ook keramisch servies (kop en schotel) was opgenomen. Daarnaast werkt TAUW regelmatig aan milieueffectstudies en vergelijkende analyses binnen uiteenlopende ketens. De expertise van TAUW in LCA-methodologie en data-inventarisatie is geïntegreerd in de opzet en uitvoering van de analyse in dit rapport.

1.6 Uitnodiging aan lezers

De resultaten van een LCA worden in belangrijke mate bepaald door de gekozen afbakening en de data die wordt gebruikt. Zoals blijkt uit de literatuurstudie in hoofdstuk 2, verschilt het per onderzoek in welke mate deze keuzes expliciet worden gemaakt en onderbouwd. Verschillen in uitgangspunten, systeemgrenzen en aannames kunnen leiden tot uiteenlopende uitkomsten.

Deze studie streeft ernaar zo transparant mogelijk inzicht te geven in de milieu-impact van bekers binnen een kantoorsetting. Alle relevante keuzes, aannames en datapunten zijn expliciet vastgelegd en toegelicht, zodat lezers kunnen volgen hoe de analyse is opgebouwd en welke context daarbij is gehanteerd.

Het is mogelijk dat lezers voorbeelden kennen van gebruikssituaties of bekers die niet in de analyse zijn opgenomen, zoals een andere setting dan kantoor, bekers van een ander gewicht of andere wasmethoden (bijvoorbeeld met de hand). Gezien de noodzaak tot afbakening, is in dit onderzoek gekozen voor vier beker-scenario's die representatief zijn voor het gebruik van bekers in kantoorsetting in Nederland en die samen een solide basis bieden voor vergelijking. Het model dat is gebruikt, biedt de mogelijkheid om aanvullende scenario's door te rekenen of variabelen aan te passen. Lezers die hier interesse in hebben, of die eigen gegevens willen laten meenemen in een aanvullende analyse, kunnen contact opnemen met de onderzoekers via de contactgegevens op de laatste pagina van dit rapport.



2.

Literatuurstudie eenmalig en meermalig gebruik *van bekers*

WAT LEES JE IN DIT HOOFDSTUK?

We hebben gekeken naar welke kennis er al is, voordat we zelf zijn gaan onderzoeken. In dit hoofdstuk lees je de resultaten van die literatuurstudie. We hebben tien onderzoeken naar de milieu-impact van eenmalige en herbruikbare bekers bestudeerd. De focus ligt op studies over drinkbekers en vergelijkbare producten (dat is: servies). Alleen de onderdelen die passen bij dit onderzoek zijn meegenomen. Dat zijn onder andere onderdelen over eenmalige papieren bekers met een kunststof coating en herbruikbare bekers van PP (hard kunststof), glas en keramiek.

Uit de gelezen onderzoeken blijkt dat de resultaten (de effecten van bekers op het milieu) sterk kunnen verschillen door keuzes in het onderzoek. Belangrijk zijn: de plek en manier waarop een beker wordt gebruikt (bijvoorbeeld kantoor, horeca, of festival), hoe je bekers vergelijkt (de functionele eenheid, bijvoorbeeld per drankje, per jaar, of per hoeveelheid), en wat je wel en niet meerekent (bijvoorbeeld transport, verpakking en afvalverwerking). Ook gebruiken verschillende studies verschillende milieu indicatoren. Veel studies kijken vooral naar klimaatimpact. Een aantal studies nemen ook

watergebruik, landgebruik en gezondheid mee.

Een belangrijk inzicht is ook dat herbruikbare bekers per stuk zwaarder zijn en daardoor bij productie vaak meer negatieve effecten op het milieu hebben. Ze worden pas beter voor het milieu dan eenmalige bekers als ze vaak genoeg worden hergebruikt. Het omslagpunt is het aantal keer hergebruik vanaf wanneer herbruikbare bekers beter zijn voor het milieu dan eenmalige bekers. Het omslagpunt verschilt per situatie en ligt in bestaande onderzoeken tussen ongeveer 10 en meer dan 100 keer hergebruik. Het wasproces is hierbij heel belangrijk. Als je zuinig wast (bijvoorbeeld met een volle, energiezuinige vaatwasser), hoeft een beker minder vaak opnieuw gebruikt te worden om beter te zijn voor het milieu dan een eenmalige beker. Onzuinig handwassen met heet water beïnvloedt hergebruik juist ongunstig. Ook recycling en afvalverwerking beïnvloeden de uitkomsten.

De les uit dit hoofdstuk is: je kunt alleen eerlijk vergelijken als je de context en aannames duidelijk maakt. Deze inzichten worden gebruikt om in hoofdstuk 3 een (eigen) onderzoek naar de milieueffecten te doen voor eenmalige en herbruikbare bekers op kantoor.



2.1 Introductie literatuurstudie

Voor de literatuurstudie is in samenwerking met IenW een selectie gemaakt van relevante onderzoeken voor de vergelijking tussen bekers voor eenmalig gebruik en herbruikbare bekers. De selectie bestaat uit publicaties die rechtstreeks betrekking hebben op drinkbekers, aangevuld met studies over vergelijkbare systemen (zoals servies of voedselverpakkingen) die methodisch of inhoudelijk belangrijke inzichten bieden. Daarnaast zijn onderzoeken opgenomen die bij Rebel en TAUW bekend zijn vanuit eerder werk op dit thema.

Bij het analyseren van de studies ligt de focus uitsluitend op de onderdelen die relevant zijn voor de vergelijking in de onderzoeksvraag. Dat betekent dat, waar nodig, alleen scenario's worden beschouwd die betrekking hebben op bekers, en binnen bekers op papieren bekers voor eenmalig gebruik en herbruikbare alternatieven zoals PP-, glazen en keramische bekers. Scenario's die bijvoorbeeld betrekking hebben op ander servies, *to-go*-systemen met afwijkende producten, of materialen die in dit onderzoek geen rol spelen, zijn buiten beschouwing gelaten.

In paragraaf 2.2 geven we een overzicht van de onderzochte studies, inclusief hun inhoudelijke focus en relevantie. Daarna presenteren we in paragraaf 2.4 t/m 2.8 de belangrijkste bevindingen, waarbij we achtereenvolgens ingaan op algemene inzichten, bevindingen per ketenstap (productie, gebruik, afdanking) en de gerapporteerde resultaten. We sluiten af met paragraaf 2.9, waarin we de hoofdconclusies uit de literatuur samenvatten en aangeven hoe deze inzichten worden gebruikt bij het opzetten van onze eigen LCA in hoofdstuk 3.



2.2 Studies die zijn onderzocht

De literatuurstudie omvat tien onderzoeken, variërend van meta-analyses tot casestudies. Er is bewust gekozen voor een brede selectie van literatuur waarin perspectieven uit alle betrokken sectoren zijn meegenomen, om objectiviteit te waarborgen

en de werkelijkheid zo goed mogelijk weer te geven. Sommige publicaties bevatten op zichzelf meerdere onderliggende analyses. Tabel 1 geeft per onderzoek een beknopt overzicht van de auteurs, het jaar van publicatie, de typen bekervormen of systemen die worden vergeleken, en de relevantie voor dit onderzoek. De studies zijn geordend van nieuw naar oud.

[TABEL 1]

OVERZICHT ONDERZOEKEN LITERAATUURSTUDIE

AUTEUR	TITEL	JAAR	PRODUCTEN	RELEVANTIE
Van den Berg & ten Klooster	<i>Steps Towards a Template for Fair Comparisons Between Single-Use and Reusable Items</i>	2025	Methodologische analyse van factoren die van invloed zijn op vergelijkingen tussen bekers voor eenmalig gebruik en herbruikbare bekers.	Hoog – Biedt handvatten voor het interpreteren van verschillen tussen studies; benadrukt invloed van systeemgrenzen, poolgrootte en verliespercentages.
JRC (in opdracht van Europese Commissie)	<i>Life cycle impacts of single-use and multiple-use packaging</i>	2024	EU-brede analyse van toepassingen in catering, incl. koffiebekers: papier/PE bekers vergeleken met PP-herbruikbare bekers.	Middel – Eén van de zes scenario's behandelt bekers. Laat zien dat gebruiksomstandigheden en materiaalkeuze veel invloed hebben op resultaat.
CE Delft (in opdracht van IenW)	<i>LCA voor beleidsmakers met casestudie over bekers</i>	2023	Analyse van meerdere bestaande LCA's van bekers voor eenmalig gebruik en herbruikbare bekers.	Hoog – Relevante meta-studie die verklaart waarom resultaten tussen onderzoeken verschillen; belangrijk voor duiden van methodische keuzes.
Life Cycle Initiative (in opdracht van UNEP ⁵)	<i>Single-use beverage cups and their alternatives</i>	2021	Synthese van 10 internationale onderzoeken naar bekers voor eenmalig gebruik en herbruikbare bekers.	Hoog – Overkoepelende conclusies; toont dat uitkomsten sterk afhangen van wasproces, energievoorziening en gebruiksfrequentie.
Ramboll (in opdracht van EPPA ⁶)	<i>Comparative LCA of Single-use and Multiple-use Dishes Systems</i>	2020	Vergelijking van volledige serviesstromen in <i>quick-service</i> -restaurants: papieren bekers en andere disposables vergeleken met herbruikbare systemen.	Hoog – Uitgebreide ketenbenadering; toont dat hygiëne-eisen, wasfrequenties en logistiek aanzienlijke invloed hebben op klimaatimpact.

⁵ United Nations Environment Programme

⁶ European Paper Packaging Alliance

The LCA Centre (in opdracht van Rijks-waterstaat)	<i>A study of waste free cup systems at events</i>	2020	Systeemvergelijking op evenementen: hergebruik van harde kunststof bekervs vergeleken met recycling van zachte kunststof bekervs voor eenmalig gebruik.	Hoog – Belicht de rol van bekerverlies, transport en wassen bij evenementen; toont variatie in break-even afhankelijk van gebruikscyclus.
CE Delft (in opdracht van Milieu Centraal)	<i>Impact wegwerp-producten en hun alternatieven</i>	2020	Vergelijking van verschillende drinksystemen in kantoor- en to-go-situaties: papieren bekervs voor eenmalig gebruik vergeleken met PP-, glazen en keramische herbruikbare bekervs.	Heel hoog – Vergelijking van bekervs papieren, keramiek en glazen bekervs in kantoorsetting. Laat zien bij welk aantal gebruikscyclus herbruikbare bekervs een lagere milieu-impact hebben dan eenmalige varianten.
Martin et al. (voor OpenLCA)	<i>Ceramic cup vs. Paper cup (case study)</i>	2018	Vergelijking van een keramische herbruikbare beker met een papieren beker voor eenmalig gebruik.	Hoog – Illustreert invloed van wasmethode: aantal gebruikscyclus en efficiëntie in het wasproces bepalen het omslagpunt.
VTT Technical Research Centre Finland	<i>LCA of beverage cups with special focus on EOL scenarios</i>	2009	Vergelijking van materiaalopties binnen bekervs voor eenmalig gebruik (papier/PE, PLA, PET).	Laag – Richt zich niet op hergebruikscenario's; wel relevant voor inzicht in materiaalverschillen.

2.3 Weergave van bevindingen

De resultaten van de literatuurstudie worden weergegeven in vijf paragrafen (zie Figuur 3). In paragraaf 2.4 worden de algemene bevindingen toegelicht met betrekking tot de context van de studies, de afbakening (of scope), de indicatoren en de data. In paragraaf 2.5 t/m 2.7 delen we bevindingen per ketenstap, opgedeeld naar de ketenonderdelen zoals geschetst in hoofdstuk 1 en met onderscheid tussen bekers voor eenmalig gebruik en herbruikbare bekers. Paragraaf 2.8 toont de analyse op de resultaten van de studies en de gevonden break-even punten.

[FIGUUR 3]

OVERZICHT PARAGRAFEN M.B.T. RESULTATEN VAN DE LITERATUURSTUDIE

2.4	Context, afbakening en indicatoren
2.5	Productiefase materiaal productie distributie
2.6	Gebruiksfase gebruik wassen
2.7	Afdankingsfase afdanking
2.8	Resultaten en break-even punten

2.4 Algemene bevindingen met betrekking tot context, afbakening en indicatoren

Uit de bestudeerde studies blijkt dat verschillen in doel van het onderzoek en de afbakening sterk van invloed zijn op de uitkomsten. De variatie in definitie van functionele eenheid, systeemgrenzen, impact indicatoren en data-aannames verklaart een groot deel van de uiteenlopende resultaten tussen studies. Vooral verschillen in context (gebruikssituatie) en in het al dan niet meenemen van bepaalde processen (transport, verpakking, afvalscenario's) zijn belangrijk om in ogenschouw te nemen bij interpretatie. Onderstaand een aantal algemene observaties, geordend per thema:

Functionele eenheid & context

De studies hanteren uiteenlopende functionele eenheden. Sommige kijken naar één gebruiksbeurt (bv. "één serveerbeurt van 250 ml drank" of "een kop koffie to-go"), terwijl andere een volumebenadering of periode nemen (bv. gebruik van servies in een fastfoodrestaurant gedurende 1 jaar). Als gevolg zijn omstandigheden niet één-op-één vergelijkbaar: een festivalbeker en kantoorbeker verschillen in gebruikspatroon en vereiste hygiëne. Dit benadrukt het belang van een gelijke functionele eenheid. De context (festival, kantoor, Europa-breed, etc.) bepaalt randvoorwaarden in elke levenscyclusstap en moet consistent worden gehouden bij vergelijking.

Volume van beker

Hoewel de studies een lichte variatie tonen in het gebruikte bekervolume, zitten de studies in dezelfde ordegrootte (180–300 ml), passend bij een reguliere koffiebeker:

- TNO (2007) hanteert het volume van "polystyreen automaatbikers" van 180 ml als uitgangspunt.
- CE Delft (2020) vergelijkt kunststof en papieren "wegwerpbekertjes" van 200 ml en stenen en glazen bekers van 240 en 250 ml.
- JRC (2024) neemt een inhoud van 250 ml als uitgangspunt in hun EU-brede scenariomodellen.
- LCA Centre (2020) gaat uit van een volume van 250 ml in hun analyse naar festivalbikers.
- Martin et al. (2018) gebruikt 300 ml als standaardvolume voor de vergeleken bekers.

Systeemgrenzen

In een volledige LCA wordt de hele levenscyclus van een product meegenomen, van grondstofwinning tot en met afdanking. Dit wordt in de literatuur aangeduid als ‘*cradle-to-grave*’. Sommige LCA's beperken zich tot de fasen tot en met distributie van een product ('*cradle-to-gate*'). In de beoordeelde literatuur wordt doorgaans een brede ketenbenadering gehanteerd, waarbij grondstofwinning, productie, transport, gebruik (inclusief wassen) en de afvalfase worden meegenomen. Tegelijkertijd zijn er verschillen in de exacte systeemgrenzen. Zo laat CE Delft (2020) distributie naar de gebruikslocatie buiten beschouwing om de resultaten generiek te houden, terwijl Ramboll (2020) deze transportstap wel meeneemt in het gemodelleerde systeem. Ook transportverpakkingen (zoals kratten of folie) worden in sommige studies wel meegenomen en in andere niet, wat invloed kan hebben op de vergelijkbaarheid van resultaten.

Milieu indicatoren & impactmethoden

Er is variatie in de gekozen impact indicatoren. Veel studies focussen op klimaatimpact als belangrijkste maat. Klimaatimpact wordt vaak uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Dit houdt in dat alle broeikasgassen, zoals methaan en lachgas, worden teruggerekend naar CO₂-impact. Sommigen breiden uit naar meerdere impactcategorieën (bijvoorbeeld verzuring, toxiciteit, landgebruik). Ramboll, LCA Centre en CE Delft gebruiken bijvoorbeeld de ReCiPe-methode (met respectievelijk 9, 4 en 4 tot 16 impactcategorieën), terwijl de JRC-studie de PEF-methode hanteert met 16 indicatoren samengevat in één score. Dit bemoeilijkt directe vergelijking van de verschillende onderzoeken. Wegingsmethoden verschillen ook: alleen CE Delft (2020) en JRC (2025) gebruiken een gewogen enkelvoudige score naast categorie-resultaten. Zo'n enkelvoudige milieuscore kan onderliggende nuances verbergen. Zo kan een product met lage totaalscore toch hoog scoren op een specifieke impact indicator.

Databronnen en aannames

In de literatuur wordt gewerkt met verschillende typen data. Sommige studies maken vooral gebruik van algemene databases (zoals Ecoinvent⁷), terwijl andere ook primaire data van fabrikanten of praktijkpartijen inzetten. Zo verzamelde LCA Centre (2020) praktijkdata bij meerdere afwasbedrijven om het wasproces van herbruikbare bekertjes te modelleren, wat de representativiteit van de gebruiksfase vergroot. Andere studies zijn genooddacht om bepaalde waarden te schatten of literatuurwaarden te hanteren, bijvoorbeeld voor het gemiddelde aantal gebruikscycli van een herbruikbare beker. Dergelijke aannames zorgen voor onzekerheden in de resultaten.

De gehanteerde databronnen verschillen ook per studie. Ramboll (2020) combineerde producentendata voor materiaalproductie met aannames over gemiddeld hergebruik van harde kunststof bekertjes. CE Delft (2020) baseerde zich op Ecoinvent-achtergronddata, aangevuld met eigen metingen voor gewicht en energieverbruik, specifiek toegesneden op de Nederlandse context. Daarnaast speelt geografische afbakening een rol: nationale studies vullen elektriciteitsmix en transportafstanden landspecifiek in, terwijl EU-brede studies met gemiddelden werken. Dit beïnvloedt met name de impact van de gebruiksfase (wassen) en de afdankfase.

Tot slot hanteren studies verschillende methoden waarop zij de milieuwinst van recycling toekennen (allocatiemethoden). Sommige onderzoeken kennen een milieukrediet toe aan bekertjes doordat recycling het gebruik van *virgin* materiaal voorkomt, terwijl andere werken met een “*cut-off*”-benadering waarbij dit voordeel buiten de systeemgrenzen valt. Deze keuzes kunnen een merkbaar effect hebben op de berekende milieu-impact van eenmalige en herbruikbare bekertjes.



⁷ [Database - ecoinvent](#)

2.5 Bevindingen met betrekking tot de productiefase

De materiaalkeuze en het productieproces bepalen een groot deel van de impact van de levenscyclus van een beker. Onderstaand delen we de bevindingen op in drie onderdelen: materiaal (en gewicht), productieproces en locatie, en distributie.

2.5.1 Materiaal (en gewicht)

Voor de productie van bekers voor eenmalig gebruik en voor meermalig gebruik worden verschillende materialen gebruikt. Het gewicht verschilt sterk per

materiaal, ook ongeacht het volume van de beker. Herbruikbare bekers zijn per stuk veel zwaarder en materiaal-intensiever dan eenmalige bekers. Bekers voor eenmalig gebruik bestaan doorgaans uit de kunststofsoort polystyreen of papier met een kunststof coating (LDPE of PLA). Het gewicht van de beker is natuurlijk wel afhankelijk van het volume; hoe groter de beker, hoe hoger het gewicht. Herbruikbare bekers worden vaak gemaakt van PP (polypropyleen), keramiek, glas of staal. De tabel hieronder laat de verschillende gewichten zien van de bekers die zijn onderzocht in de geselecteerde studies.



BEKERS VOOR EENMALIG GEBRUIK

- De polystyreen eenmalige bekers in de studie van TNO (2007) hebben een gewicht van 4 gram, voor 180 ml.
- CE Delft (2020) noemt een eenmalige beker van 200 ml van 4,2 gram papier met 0,9 gram LDPE coating, dus een totaal van circa 5,1 gram.
- Martin et al (2018) gebruikt een papieren beker van 8,3 gram, voor 300 ml.
- In de JRC-studie (2024) wordt een papieren eenmalige beker met een kunststof coating beschreven van 350 ml, met een gewicht van 11,22 gram papier en 1,07 gram LDPE-coating, dus een totaal van circa 12,3 gram.



BEKERS VOOR MEERMALIG GEBRUIK

- Een keramische beker van 250 ml weegt volgens CE Delft (2020) ongeveer 260 gram, een glazen beker van 240 ml 250 gram.
- TNO (2007) hanteert een gewicht van 470 gram voor een porseleinen kop en schotel en doet geen uitspraken over het gewicht van de kop (zonder schotel).
- Martin et al. (2018) gebruikt een keramische beker van 310 gram, voor 300 ml.
- Een herbruikbare beker van PP heeft bij LCA Centre (2020) een gewicht tussen de 25 en 33 gram en bij JRC (2024) een gewicht van 48,3 gram. Beide studies hanteren een volume van 250 ml.

2.5.2 Productieproces en locatie

De herkomst van de beker en de energie-efficiëntie van het productieproces zijn relevant voor de impact van een beker. De meeste studies nemen algemene aannames aan voor het proces hoe en de locatie waar de bekers geproduceerd worden. Sommige studies nemen bijvoorbeeld aan dat productie in Azië plaatsvindt (bijvoorbeeld Chinese fabriek op kolenstroom), terwijl andere lokale EU-productie met modernere, efficiëntere processen veronderstellen. Zo maakt Ramboll (2020) gebruik van data van

specifieke Europese fabrikanten van papieren en kunststof bekers. CE Delft (2020) heeft aannames gedaan op basis van literatuur en databases voor materiaalproductie. Daarnaast doen ze de aanname dat de assemblage van bekers een dusdanig geringe impact heeft dat de impact achterwege gelaten kan worden. De elektriciteitsmix voor productie is vaak de gemiddelde mix van het land van productie. Een stroommix met hoge CO₂-uitstoot (vaak door groot aandeel fossiele opwekking) vergroot de impact van productie. Studies benoemen dit niet altijd expliciet.

2.5.3 Distributie

De distributie van bekens voor eenmalig en meermalig gebruik wordt niet consequent meegenomen in de onderzochte studies. Vaak worden er aannames gemaakt en niet alle stappen worden altijd meegenomen. Voor bekens voor eenmalig gebruik is distributie relevanter dan voor meermalig gebruik, omdat deze vaker aangevoerd moeten worden. Bekens voor meermalig gebruik kunnen een extra transportstap hebben wanneer deze moeten getransporteerd naar een externe wasfaciliteit. Over het algemeen heeft de distributie een geringe impact over de gehele keten.

Eenmalige bekens worden in bulk van fabrikant naar de plaats van gebruik vervoerd. Herbruikbare bekens ook, zij het in kleinere aantallen per keer. CE Delft (2020) achtte distributietransport niet onderscheidend genoeg voor een generiek analyse en liet het weg, in andere studies is het meegenomen. Over het algemeen geldt: voor één consumptie is het totale transportgewicht bij eenmalige bekens hoger, omdat voor 100 consumpties 100 lichte bekens vervoerd moeten worden, versus bijvoorbeeld 5 herbruikbare bekens die telkens worden hergebruikt. In hergebruiksystemen is wel sprake van additioneel transport in de gebruiksfase, als bekens na gebruik moeten worden vervoerd naar een wascentrale en vervolgens weer van de wascentrale naar de gebruikslocatie vervoerd worden. Bij bijvoorbeeld festivals gaat vaak een vrachtwagen vol vuile hardcups naar de spoelcentrale en weer terug.

LCA Centre (2020) analyseerde het verschil tussen inefficiënte innames (gebruikte bekens over grote afstand terugrijden) en meer efficiënte scenario's, omdat leeg transport de milieuwinst kan ondermijnen. De "pool size versus system size" is daarbij relevant: men heeft vaak meer herbruikbare bekens in omloop dan op enig moment nodig (om verliezen en schoonmaakcyclus op te vangen). Als die verhouding scheef is (te grote pool die allemaal geproduceerd is maar zelden wordt gebruikt), drukt dat op de milieupreformance van het systeem. Berg (2025) benadrukt dat de impact van transportverpakkingen (kratten, folie) voor het verplaatsen van herbruikbare bekens soms vergeten worden. Een enkele studie neemt deze impact mee, het merendeel niet.

Over het algemeen is transport niet een dominante factor voor de milieu-impact van een beker (minder dan 10% van totaal), maar bij lange afstand of inefficiënte logistiek kan het de verschillen tussen systemen vergroten.

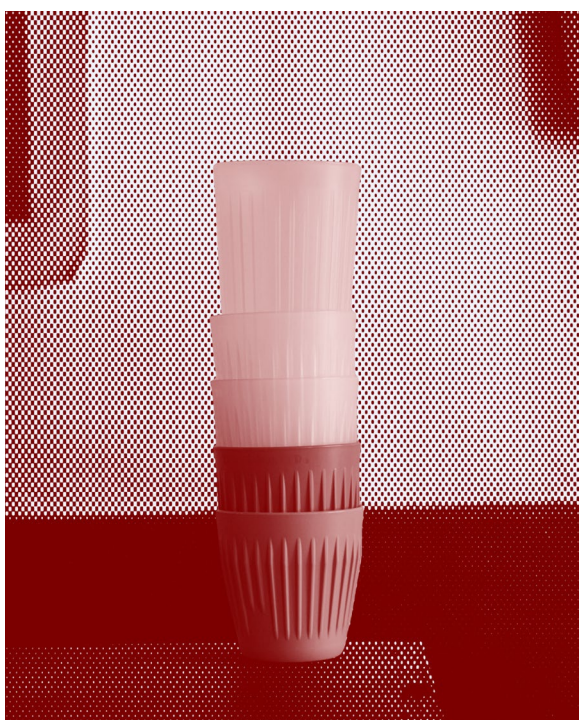


2.6 Bevindingen met betrekking tot gebruiksfase

Het gebruik van een beker heeft in principe geen milieu-impact. Wat er wordt geconsumeerd in de beker wel. Het wassen van de beker, wat onderdeel van de gebruiksfase is, heeft echter wel impact op het milieu. Dit geldt alleen voor de bekertjes voor meermalig gebruik, omdat deze na het wassen weer gebruikt kunnen worden. In tegenstelling tot bekertjes voor eenmalig gebruik die na consumptie worden afgedankt. Deze paragraaf is daarom alleen relevant voor bekertjes voor meermalig gebruik. De gebruiksfase is daardoor de spil waar eenmalige en herbruikbare systemen sterk van elkaar verschillen.

2.6.1 Gebruik(cycli)

De gebruiksfase is één van de meest bepalende parameters voor de milieu-impact van herbruikbare bekertjes. Het aantal keer dat een herbruikbare beker daadwerkelijk opnieuw gebruikt wordt voordat de beker afgedankt wordt, kapot gaat of kwijtraakt, bepaalt of en in hoeverre het hergebruik loont. Het aantal keer dat een beker wordt hergebruikt, is het aantal gebruikscycli. De studies schatten dit uiteenlopend in. Sommige studies kijken wat er technisch mogelijk is (dus: theoretische maxima), andere studies kijken naar wat er in de praktijk gebeurt. Ook is het aantal gebruikscycli afhankelijk van het materiaal wat is gebruikt voor de productie van bekertjes voor meermalig gebruik. Daarnaast is het percentage herbruikbare bekertjes dat uit het systeem gaat (verlies) tijdens gebruik ook een factor die vaak wordt meegenomen.



BEKERS VOOR MEERMALIG GEBRUIK

- Ramboll (2020) nam voor haar hoofdanalyse aan dat een harde kunststof beker 125 keer gebruikt kan worden, maar hield ook rekening met breuk/verlies: effectief ~50-100 keer haalbaar (men citeert bronnen: >75 keer, >100 keer etc. als praktijkwaarden).
- CE Delft (2020) berekende vooral de break-even zonder één vast aantal te kiezen, maar impliceerde dat een keramiek beker honderden keren meegaat (bij normaal gebruik gaat een beker jaren mee, wat uitkomt op een breakeven punt van 120+ keer hergebruik).
- LCA Centre (2020) beschouwde in scenario's dat harde kunststof bekertjes aan het einde van een evenement weer ingezameld worden en voor volgende evenementen worden ingezet. Daarbij trad een zeker verlies op per evenement. In drie scenario's (variërend van klein evenement met weinig verlies tot groot festival) bleek dat tussen ~4 en 21 keer hergebruik nodig was om de harde beker gunstiger te maken dan de zachte eenmalige bekertjes. Met andere woorden: bij weinig verlies (2%) was al na ~4 keer de omslag, bij relatief veel verlies (20%) moest een beker ~21 keer rouleren om milieuvoordeel te halen.
- CE Delft (2023) zet de uitkomsten op een rij: benodigde hergebruiken variëren van 10 tot 100+ in studies. Belangrijk is of een studie een vast aantal aanneemt of een break-even punt berekent. CE Delft (2023) waarschuwt dat een uitspraak "Optie A is beter dan B" altijd moet vermelden bij hoeveel keer hergebruik dat geldt, want zonder die context zegt het weinig.
- In alle gevallen die UNEP bekeek, lag het aantal keer hergebruik dat nodig was om milieuwinst te realiseren ten opzichte van eenmalige bekertjes binnen de technisch haalbare levensduur van de herbruikbare beker.

2.6.2 Wassen

Bekers voor meermalig gebruik moeten na gebruik gereinigd worden. Het reinigen van de bekert kost energie en water. Het wassen van de bekert kan op locatie (met een vaatwasser of handwas) of in een industriële wasfaciliteit gebeuren, afhankelijk van de situatie. De milieu-impact hiervan hangt af van het type wasproces, de elektriciteitsmix van de wasfaciliteit en efficiëntie. Vrijwel alle studies benadrukken dat efficiënt wassen cruciaal is. “Efficiënt” betekent: een moderne, volle vaatwasser draaien of zuinig met de hand wassen (liefst koud/lauw water, weinig sop).



BEKERS VOOR MEERMALIG GEBRUIK

- Martin et al. (2018) tonen aan dat wassen in een vaatwasser op een moderne en efficiënte stand een keramische beker relatief weinig extra impact per gebruik geeft, terwijl wassen met heet water onder de kraan een de milieu-impact per wasbeurt verhoogt. In hun scenario wordt een beker die steeds met heet water met de hand wordt gewassen nooit beter dan eenmalige bekert. De was-impact van herbruikbaar woog zwaarder dan de uitgespaarde producties van eenmalige bekert. Bij vaatwas op efficiënte stand wordt break-even al na ~13 keer bereikt voor keramiek. Dit benadrukt: hetzelfde herbruikbare product kan zowel slechter als beter uitpakken dan eenmalige bekert, afhankelijk van het schoonmaakscenario.
- LCA Centre (2020) verzamelde data bij vier professionele wasbedrijven in Nederland en nam de gemiddelde energie (stroom/gas), water- en zeepverbruik per bekerwasbeurt.
- CE Delft (2020) deed aannames voor vaatwasser-gebruik op kantoor: een bepaald aantal bekert per vaatwasbeurt, een bepaald elektriciteits- en waterverbruik per vaatwasser (op basis van Consumentenbond-cijfers) en gasverbruik voor warm water. De energiebron is van invloed: een vaatwasser op groene stroom veroorzaakt minder CO₂ dan op grijze stroom. Oudere studies hanteren een grijzere stroommix, met een hogere klimaatbelasting per wasbeurt.
- Zowel CE Delft (2020) als TNO (2007) merken op dat het spoelen van bekert met koud water leidt tot een toename in het watergebruik, maar geen impact heeft op andere indicatoren (zoals CO₂-uitsoot of landgebruik)
- JRC (2024) heeft scenario's doorgerekend met een hernieuwbare stroommix, wat de hergebruikscenario's aanzienlijk verbetert op klimaatgebied. In de studies is soms ook een voorwas meegenomen: JRC neemt aan dat bekert altijd worden uitgespoeld (koud water) voor ze de vaatwasser in gaan, wat de hygiëne ten goede komt maar waterverbruik verhoogt. CE Delft (2020) gaat uit van direct machinaal afwassen zonder voorspoelen voor kantoorbekert. Zulke detailverschillen (wel of voorspoelen, instelling van temperatuur) maken het lastig om de was-impact te vergelijken tussen studies. Over het algemeen gaat het om enkele grammen CO₂ per wasbeurt. Ter indicatie: CE Delft (2020) berekent ~4,4 g CO₂ per wasbeurt per beker in hun scenario (moderne vaatwasser, Nederlandse stroommix).

2.7 Bevindingen met betrekking tot afdankingsfase

Bekers worden na het einde van de levensduur afgedankt. Dit is voor bekens voor eenmalig gebruik

direct na de gebruiksfase, voor meermalig gebruik is dit afhankelijk van de gebruikscyclus van de beker. Er zijn verschillende manieren om een beker af te danken. Zo kan een beker gerecycled, gestort of verbrand worden. De manier waarop een beker verwerkt wordt, hangt sterk af van het materiaal van de beker.



BEKERS VOOR EENMALIG GEBRUIK

- CE Delft (2020) nam voor papieren bekens met een kunststof coating twee scenario's: restafval (verbranding) en gescheiden inzameling (waarbij papiervezels worden gerecycled en de coating wordt verbrand met energierugwinning). In hun analyse blijkt recycling van papier een significante milieudaling te geven voor de eenmalige beker (minder nieuwe pulp nodig). Echter, dit voordeel is beperkt: de coating (PLA of PE) eindigt alsnog in de verbrandingsoven en de recyclingopbrengst is vaak laag (een deel van de bekens is vervuild of belandt toch bij het restafval).
- Eenmalige bekens van PS en PP worden in de praktijk zelden gerecycled voor gebruik als voedselcontactmateriaal. Vaak worden deze bekens verbrand (met energierugwinning). De impact daarvan zit tussen storten en recyclen in: verbranding geeft nog een kleine vermeden impact voor opgewekte elektriciteit en warmte. De LCA's berekenen die vermeden emissies verschillend: sommigen tellen het mee als vermeden fossiele energie (Ramboll deed dit voor verbranden van biogebaseerde materialen, CE Delft ook voor bioplastics).

Vrijwel alle papieren bekens hebben een kunststof coating, wat recycling bemoeilijkt, maar niet onmogelijk maakt. In Nederland kunnen papieren bekens met een kunststof coating apart worden ingezameld voor papierrecycling.



BEKERS VOOR MEERMALIG GEBRUIK

- Omdat het aantal herbruikbare bekens in omloop kleiner is dan het aantal eenmalige bekens (één herbruikbare beker vervangt tientallen tot honderden eenmalige bekens), is de afvalstroom van bekens bij herbruikbare systemen aanzienlijk kleiner in volume. Sommige studies negeren daarom de eindelevensduur van de herbruikbare in de berekening of nemen een generieke aanname ("bij einde levensduur verbrand").
- Berg (2025) wijst erop dat men ook de einde levensduurfase moet meenemen voor eerlijke vergelijking: een stalen beker kan aan het eind bijvoorbeeld wel gerecycled worden, een keramische beker niet – dat maakt verschil. Bij kunststof herbruikbare bekens is een realistisch aanname dat een deel van de versleten bekens wordt vermalen en weer in andere producten terechtkomt.
- Kunststof hardcups (PP, PC) kunnen in principe gerecycled worden tot grondstof voor nieuwe kunststof producten, zij het vaak laagwaardig (downcycling). Als recycling niet gebeurt, is verbranding het eindstation.

Compostering

In de literatuur over de milieu-impact van bakers wordt de afdankfase doorgaans gemodelleerd via recycling en verbranding. Een aparte afdankroute die in enkele studies wordt genoemd is industriële compostering, met name voor biobased bakers zoals PLA of papieren bakers met een composteerbare kunststof coating. Deze route wordt echter beperkt toegepast en zelden volledig doorerekend. CE Delft (2020) en UNEP (2021) geven aan dat industriële compostering van bakers milieutechnisch weinig voordelen biedt ten opzichte van andere verwerkingsroutes, omdat de koolstof grotendeels als CO₂ vrijkomt, er weinig energie wordt teruggewonnen en materialen niet opnieuw als grondstof worden ingezet. Om deze reden ligt in de meeste vergelijkende studies de nadruk op recycling en verbranding als relevante afdankroutes voor bakers.

2.8 Bevindingen met betrekking tot resultaten en break-even punten

In deze paragraaf leggen we de resultaten uit de onderzochte studies naast elkaar. Daarbij is het belangrijk te benadrukken dat studies niet altijd dezelfde impactcategorieën rapporteren en verschillende impactmethoden gebruiken (zoals ReCiPe of PEF). Veel onderzoeken presenteren resultaten per impactcategorie (bijvoorbeeld klimaatverandering, watergebruik of landgebruik); sommige studies werken daarnaast met een (gewogen) totaalscore. Hierdoor zijn resultaten niet één-op-één vergelijkbaar, maar wel te duiden op hoofdlijnen, met name voor de categorieën die in vrijwel alle studies terugkomen. In de praktijk ligt de nadruk in veel onderzoeken op klimaatverandering (CO₂-equivalenten), vaak aangevuld met indicatoren die samenhangen met grondstofgebruik, watergebruik en effecten op gezondheid en ecosystemen.

2.8.1 Interpretatie van resultaten

De meeste studies laten zien dat herbruikbare bakers, onder specifieke gebruiksomstandigheden en bij voldoende hergebruik, een lagere milieu-impact per gebruik kunnen hebben dan bakers voor eenmalig gebruik. In vrijwel alle onderzoeken wordt dit uitgewerkt via een omslagpunt (break-even punt) in gebruikscycli.

Een uitzondering binnen de set onderzochte studies is Ramboll (2020), waarin binnen de onderzochte *quick-service-restaurant* context de herbruikbare systemen (met intensieve logistiek en reiniging) in de gerapporteerde scenario's een hogere klimaatimpact laten zien dan de bakers voor eenmalig gebruik. De overige studies laten overwegend zien dat

herbruikbare bakers bij voldoende hergebruik en een passend wasproces kunnen uitkomen op een lagere impact, waarbij de uitkomst sterk afhankelijk blijft van de gekozen context en aannames.

2.8.2 Break-even punten

De meeste studies werken expliciet of impliciet met een break-even punt: het aantal gebruikscycli waarna de gemiddelde milieu-impact per consumptie van een herbruikbare beker lager wordt dan die van een beker voor eenmalig gebruik. Dit omslagpunt verschilt per materiaal, gebruikscontext en modellering van het wasproces en de logistiek. CE Delft (2023) beschrijft dat in de door hen beoordeelde literatuur omslagpunten vaak variëren van circa 10 tot 100+ gebruikscycli.

Enkele voorbeelden uit de onderzochte studies illustreren deze bandbreedte:

- CE Delft (2020) laat zien dat een herbruikbare PP-beker in sommige kantoorscenario's na circa 10 gebruikscycli een lagere klimaatimpact kan hebben dan een papieren beker voor eenmalig gebruik (met coating, inclusief deksel in *to-go*-situaties). Voor zwaardere herbruikbare opties zoals glas en keramiek ligt het benodigde aantal gebruikscycli hoger (orde tientallen tot >100, afhankelijk van de vergelijking en aannames).
- Martin et al. (2018) laat zien dat het omslagpunt voor een keramische beker sterk afhangt van het wasproces: bij machinaal wassen kan het break-even punt relatief laag liggen (in de orde van enkele tientallen), terwijl bij ongunstige handwassscenario's binnen een gangbare levensduur geen omslagpunt wordt bereikt.
- The LCA Centre (2020) vindt in evenementenscenario's omslagpunten in de orde van enkele tot enkele tientallen gebruikscycli, afhankelijk van verliespercentages, logistiek en wasproces.
- JRC (2024) laat in een EU-brede cateringcontext zien dat omslagpunten hoger kunnen uitvallen wanneer herbruikbare systemen relatief "zwaar" worden gemodelleerd of wanneer aanvullende stappen in de keten worden meegenomen. "Zwaar gemodelleerd" kan bijvoorbeeld inhouden dat er is uitgegaan van een laag aantal gebruikscycli en een relatief hoge impact in de productiefase.

Gezamenlijk laten deze studies zien dat herbruikbare bakers in veel situaties, binnen hun technische levensduur, een lagere milieu-impact per gebruik kunnen bereiken dan bakers voor eenmalig gebruik. Maar dat het benodigde aantal gebruikscycli substantieel kan verschillen per context.

2.9 Overeenkomsten en verschillen tussen studies

Op basis van de literatuur is er een aantal punten waar studies in grote lijnen overlap tonen, en een aantal punten waar verschillen zichtbaar zijn.

Belangrijkste overeenkomsten tussen studies

- Het aantal gebruikscycli is bepalend: uitspraken over lagere of hogere milieu-impact zijn alleen betekenisvol wanneer duidelijk is bij hoeveel gebruikscycli die uitspraak geldt.
- Het wasproces is een dominante factor voor herbruikbare bekertjes: energie- en waterverbruik, bezettingsgraad van de vaatwasser en de gebruikte elektriciteitsmix hebben merkbare invloed op resultaten.
- Materiaal en gewicht zijn bepalend voor de productiefase: herbruikbare bekertjes zijn zwaarder en hebben per stuk een hogere productimpact, die wordt “uitgesmeerd” over meerdere gebruiken. Dit betekent dat de productie van een beker een aanzienlijke milieubelasting veroorzaakt. Echter, naarmate de beker langer wordt gebruikt, neemt de uiteindelijke impact van de productie per gebruikseenheid af. Er hoeft immers minder snel een nieuwe beker te worden geproduceerd. De afdankfase kan de uitkomst beïnvloeden, vooral door aannames over recycling (en de wijze waarop milieueffecten of -voordelen worden toegerekend).

Belangrijkste verschillen tussen studies

- Context en functionele eenheid: kantoor, horeca (ter plaatse of to go) en evenementen hebben verschillende gebruikspatronen en randvoorwaarden (bijvoorbeeld hygiëne, logistiek), waardoor uitkomsten niet één-op-één vergelijkbaar zijn.
- Systeemgrenzen: sommige studies nemen transport, verpakkingsmaterialen of aanvullende logistieke stappen wel mee, andere niet.
- Databronnen: verschillen tussen generieke databasegegevens en praktijkdata (bijvoorbeeld voor het wasproces of verliespercentages) leiden tot variatie in uitkomsten.
- Impactmethoden en weging: studies gebruiken verschillende impactmethoden en rapporteren resultaten op verschillende indicatoren, wat de interpretatie en vergelijking beïnvloedt.

De literatuur laat daarmee zien dat resultaten van vergelijkingen tussen bekertjes voor eenmalig gebruik en herbruikbare bekertjes sterk afhankelijk zijn van context en aannames. Deze bevindingen vormen de basis voor de keuzes in hoofdstuk 3, waarin we een transparante LCA opstellen voor vier representatieve scenario's in een kantoorsetting.



3.

Levenscyclusanalyse eenmalige en *herbruikbare bekers*

WAT LEES JE IN DIT HOOFDSTUK?

Dit hoofdstuk beschrijft de milieueffecten van verschillende drinkbeker in een kantooromgeving. Het is belangrijk om te weten dat dit onderzoek naar één omgeving kijkt: de kantooromgeving. In een andere omgeving, zoals op evenementen, kunnen de effecten op het milieu anders zijn.

De effecten op het milieu zijn bepaald met een levenscyclusanalyse (LCA). Een LCA is een manier om te bepalen hoeveel milieueffecten een product in zijn hele leven veroorzaakt: van het winnen van grondstoffen tot en met afvalverwerking. Omdat we vier specifieke bekers in een specifieke omgeving onderzoeken, maken we duidelijke keuzes en aannames. In dit hoofdstuk wordt stap voor stap uitgelegd hoe de LCA is uitgevoerd.

Er is gerekend met het gebruik van bekers (200 ml) op kantoor gedurende één jaar. Dat noemen we de functionele eenheid. De berekening gaat uit van 200 medewerkers, 220 werkdagen en gemiddeld 4 consumpties per medewerker per dag. Dat komt uit

op 176.000 consumpties per jaar. Herbruikbare bekers worden gemiddeld na twee consumpties gewassen. Dat betekent dat er 88.000 wasbeurten per jaar zijn. Dat betekent dat er door hergebruik per jaar veel minder herbruikbare bekers dan eenmalige bekers nodig zijn. Er zijn vier typen bekers onderzocht: een eenmalig bruikbare papieren beker met een kunststof coating tegen, een herbruikbare PP-beker (beker van hard kunststof) die extern wordt gewassen, en herbruikbare glazen en keramische bekers die op kantoor in de vaatwasser worden gewassen.

Uit de berekeningen blijkt dat de negatieve milieueffecten van papieren bekers voor eenmalig gebruik het hoogst zijn. Dat komt vooral door de productie, omdat er elk jaar zeer veel nieuwe bekers nodig zijn. Bij herbruikbare bekers komt een deel van de impact juist door het wassen. Bij herbruikbare PP-bekers hebben daarnaast het aantal bekers en het transport naar een externe wasfaciliteit invloed. In de afvalfase kan bij verbranding energie worden teruggewonnen en kan bij recycling materiaal worden teruggewonnen, afhankelijk van het type beker.

3.1 Introductie LCA

We bepalen de milieu-impact van eenmalige en herbruikbare bekertjes in een kantoorsetting met behulp van een levenscyclusanalyse (LCA). Dat is een gestandaardiseerde methode om de milieu-impact van verschillende bekertjes te bepalen over alle levensfasen (*cradle-to-grave*): van grondstofwinning tot en met afvalverwerking na definitieve afdanking. Een LCA kan diverse soorten milieueffecten berekenen, zoals broeikasgasemissies, verzuring van waterlichamen, grondstofuitputting, land- en watergebruik, effecten op de gezondheid van mensen of de kwaliteit van ecosystemen, etc.

Afbakening en aannames zijn nodig in een LCA, omdat het onmogelijk is om alle variaties zoals die voorkomen in de werkelijkheid volledig te kennen en modelleren. De afbakening bepaalt de systeemgrenzen: welke onderdelen van ketenstappen (materialen en processen) worden meegenomen in de analyse. Aannames kunnen nodig zijn wanneer data onbekend, onvolledig of inconsistent is. De afbakening en aannames beïnvloeden de resultaten, bepalen de context waarbinnen de resultaten geldig zijn en bepalen hoe de resultaten geïnterpreteerd kunnen worden. Dat onderstreept het belang van transparantie en een goede onderbouwing over gemaakte keuzes.

De LCA in dit onderzoek is uitgevoerd conform ISO140-richtlijnen, waarin de principes, stappen en kwaliteitsvereisten voor het uitvoeren en rapporteren van LCA's staan. Ten behoeve van de leesbaarheid van dit rapport volgen we echter niet de standaard ISO-rapportagestructuur. We behandelen wel alle onderdelen van de LCA, maar in een meer toegankelijke opzet.

3.1.1 Modelmethodiek

Dit onderzoek vergelijkt de milieu-impact van bekertjes op één moment in de tijd. Allocatie van milieu-impact vindt plaats volgens de “*cut-off*”-methode. Dat betekent dat de milieu-impact van nieuwe materialen of processen toegerekend worden aan de beker zelf, en niet aan bijvoorbeeld restproducten die bij de productie van bekertjes ontstaan. We berekenen de milieu-impact in termen van de 18 “ReCiPe 2016 v1.03 *midpoint* (H)” en 3 “ReCiPe 2016 v1.03 *endpoint* (H)” indicatoren (zie bijlage A). Alle ReCiPe milieu-impactdata (milieueffecten per eenheid materiaal, product of proces) zijn afkomstig uit de geverifieerde Ecoinvent database, versie 3.12.⁸

We modelleren de milieu-impact in Microsoft Excel volgens de internationaal erkende FAST-standaard.⁹ De FAST-standaard is een reeks principes en richtlijnen voor het ontwerpen van rekenmodellen, met de nadruk op eenvoud, flexibiliteit, structuur en transparantie. De principes zorgen voor consistentie, duidelijkheid en reproduceerbaarheid van berekeningen en minimaliseren de kans op fouten. Het model is opgesplitst in aparte tabbladen voor de inputdata (inclusief bronvermelding), berekeningen en resultaten, waarbij ieder tabblad gestructureerd is volgens de ketenstappen van de LCA. Data, aannames en berekeningen zijn daardoor inzichtelijk en herleidbaar. Daarnaast biedt het model de mogelijkheid om meerdere scenario's door te rekenen en zijn alle datapunten aanpasbaar (bijvoorbeeld voor andere aannames of updates van datapunten).

De LCA is doorgerekend voor 4 scenario's die in samenspraak met de opdrachtgever geselecteerd zijn:

- Eenmalige beker van papier met een kunststof coating (maximaal 5% LDPE).
- Herbruikbare beker van polypropyleen (PP), extern gewassen in een industriële wasinstallatie.
- Herbruikbare beker van keramiek, op locatie gewassen in een reguliere vaatwasser.
- Herbruikbare beker van glas, eveneens op locatie gewassen in een reguliere vaatwasser.

⁸ Zie voor meer informatie de website van Ecoinvent

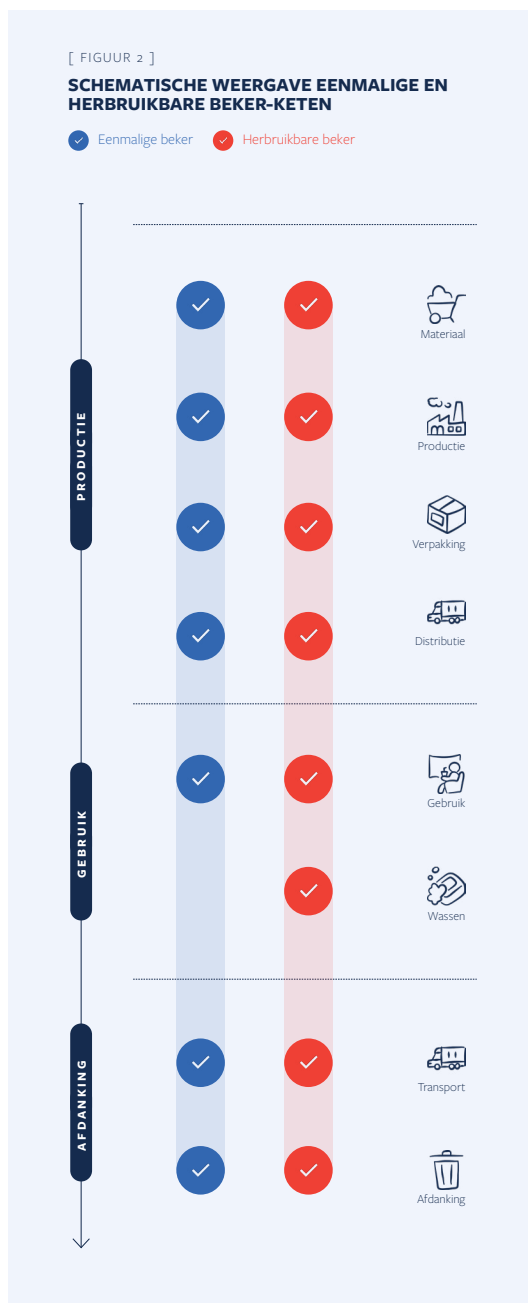
⁹ Zie voor meer informatie de website van FAST

3.2 Ketenschets en afbakening

Deze paragraaf behandelt de levenscyclus van eenmalige en herbruikbare bekertjes in Nederlandse kantoren. Per levensfase (productie, gebruik en afdanking) beschrijven we de ketenstappen en welke materialen en processen daar onderdeel van zijn. Vervolgens lichten we de afbakening toe.

3.2.1 Beker-keten

Onderstaande ketenschets (Figuur 4) is een versimpelde, systematische weergave van de levensfasen (productie tot en met afdanking) en ketenstappen (materiaal tot en met afdanking) die eenmalige (blauw) en herbruikbare (paars) bekertjes doorlopen. De pijlen tussen de ketenstappen in geven aan hoe de stromen door de keten heen bewegen.



De productiefase begint met het verkrijgen van de benodigde materialen en het transport daarvan naar een productielocatie. Tijdens de productie worden de materialen verwerkt tot bekertjes. De geproduceerde bekertjes worden vervolgens verpakt en getransporteerd naar kantoren in Nederland.

Binnen de gebruiksfase volgen eenmalige en herbruikbare bekertjes niet dezelfde route. Na het nuttigen van één consumptie uit een eenmalige beker belandt de beker over het algemeen bij het afval. Uit een herbruikbare beker kunnen daarentegen één of meerdere consumpties genuttigd worden, waarna de beker wordt afgewassen in een vaatwasser op kantoor of in een externe wasfaciliteit. Als een beker extern wordt gewassen, dan vindt er ook retourtransport plaats. Herbruikbare bekertjes belanden bij het afval zodra de technische levensduur van een beker is bereikt of als een beker voor het bereiken van de technische levensduur niet meer gebruikt kan worden (bijvoorbeeld als een beker kapot valt).

De afdankingsfase start bij het transport van de afgedankte bekertjes in het afval naar de locatie voor afvalverwerking: een afvalverbrandingsinstallatie of een recyclingfaciliteit. Afhankelijk van het materiaal, kan bij verbranding energie teruggewonnen worden of kan bij recycling materiaal gerecycled worden voor toepassing in nieuwe producten.

3.2.2 Afbakening

De LCA omvat de volledige levenscyclus met alle ketenstappen. Alle materialen en processen zijn afzonderlijk gemodelleerd in het milieu-impact model. Een uitzondering is het transport van *virgin* en gerecyclede materialen naar de productielocatie, omdat dat al opgenomen is in de milieu-impactdata van die materialen zelf. Ook sortering is inbegrepen in de milieu-impactdata van het recyclingproces en dus niet apart gemodelleerd. De milieu-impact van kapitaalgoederen, zoals distributiecentra, is geen onderdeel van de LCA vanwege de zeer geringe impact en complexiteit om de impact te bepalen.

In tegenstelling tot de literatuur die in hoofdstuk 2 is geanalyseerd, wordt de productie-impact van primaire verpakkingen (directe verpakkingen om bekertjes, zoals een plastic hoes) en secundaire verpakkingen (verpakkingen voor bundeling van primaire verpakkingen, zoals een kartonnen doos) wel meegenomen in onze LCA. De impact van tertiaire verpakkingen (zoals kratten en pallets die worden gebruikt voor transport) modelleren we niet, omdat deze over het algemeen door de transporteur worden hergebruikt en de impact verwaarloosbaar klein is. Dit geldt ook voor verpakkingen die worden gebruikt voor het transport van materialen naar de productielocatie en verpakkingen die worden gebruikt voor het transport van bekertjes tussen kantoor en een externe

wasfaciliteit. Omdat de milieu-impact van afdanking van primaire en secundaire verpakkingen verwaarloosbaar is, is deze geen onderdeel van de LCA.

Voor het wassen van herbruikbare bekertjes houden we rekening met twee mogelijke wasprocessen: wassen in een vaatwasser op kantoor, of in een industriële vaatwasser op een externe locatie. Bij wassen op een externe locatie houden we ook rekening met het retourtransport. Losse spoelbeurten tussen gebruik door of handafwas zijn geen onderdeel van de LCA. Zoals opgemerkt in hoofdstuk 2 heeft het tussentijds spoelen van een beker met (koud) water alleen een impact op het watergebruik.

Voor de afdankfase hanteren we twee manieren van afvalverwerking van bekertjes: verbranding en recycling. De impact van verbranding bestaat uit de milieu-impact van het verbrandingsproces zelf en, afhankelijk van het materiaal, de voorkomen milieu-impact van energierugwinning. De milieu-impact van recycling bestaat uit de milieu-impact van het recyclingproces zelf en, afhankelijk van het materiaal, de voorkomen milieu-impact door de toepassing van recyclelaar.

3.3 Data

In deze paragraaf beschrijven we de data en aannames die ten grondslag liggen aan de LCA. We onderscheiden drie typen data. In paragraaf 3.3.1 concretiseren we de functionele eenheid per scenario: het aantal benodigde drinkbekertjes op een kantoor gedurende één jaar. Paragraaf 3.3.2 beschrijft de levenscyclusdata van materialen en processen in de verschillende ketenstappen, gebaseerd op literatuur (hoofdstuk 2) en openbare bronnen. Naast de levenscyclusdata maakt dit onderzoek ook gebruik van 'milieu-impact data'. Dit zijn datapunten die afkomstig zijn uit de Ecoinvent database, uitgedrukt in ReCiPe 2016 *midpoint* en *endpoint* indicatoren. Bijlage D toont een overzicht van de gebruikte Ecoinvent datasets.

3.3.1 Benodigde bekertjes per scenario

De functionele eenheid van deze studie is het gebruik van drinkbekertjes voor consumpties van 200 ml (koffie en thee) binnen een kantoorsetting gedurende één jaar. Deze setting bestaat uit een kantooromgeving met werkplekken, waar medewerkers dagelijks meerdere consumpties nuttigen. Voor deze consumpties worden in de praktijk verschillende soorten bekertjes gebruikt. In dit onderzoek onderscheiden we drie gebruikssystemen, die zich vertalen naar vier type bekertjes:

- Papieren bekertjes voor eenmalig gebruik, die bij bijvoorbeeld een koffieautomaat worden gepakt en na één consumptie worden weggegooid.

- Herbruikbare PP-bekertjes, die door een externe dienstverlener worden geleverd, ingezameld en extern worden gewassen.
- Herbruikbare bekertjes van keramiek, die op kantoor aanwezig zijn en door medewerkers zelf worden gebruikt en in de vaatwasser worden gereinigd.
- Herbruikbare bekertjes van glas, die op kantoor aanwezig zijn en door medewerkers zelf worden gebruikt en in de vaatwasser worden gereinigd.

Deze vier type bekertjesystemen sluiten aan bij gangbare praktijken op Nederlandse kantoren en vormen de basis voor de scenario's in de LCA. Onderstaand lichten we toe hoeveel bekertjes er van ieder soort nodig zijn, aan de hand van vijf stappen:

1. Aantal consumpties per jaar

We starten met het aantal consumpties per jaar. Dit aantal wordt berekend op basis van drie parameters. Deze parameters zijn in het model aan te passen afhankelijk van de situatie:

- Gemiddelde kantoorbezetting per werkdag: in dit onderzoek gaan we uit van een gemiddelde bezetting van 200 medewerkers per dag;
- Aantal werkdagen per jaar: 220 dagen (rekening houdend met weekenden, feestdagen en vakanties);
- Gemiddeld aantal consumpties per medewerker per dag: 4.

Dit resulteert in:

$$\begin{aligned}
 & \text{200 medewerkers} \times \\
 & \text{220 werkdagen} \times \\
 & \text{4 consumpties} \\
 & = 176.000 \\
 & \text{consumpties per jaar}
 \end{aligned}$$

Elke consumptie correspondeert met één gebruik van een beker met een inhoud van 200 ml.

Het aantal consumpties per jaar beïnvloedt de absolute milieu-impact, maar de relatieve verschillen in milieu-impact tussen de verschillende bekertjes blijven gelijk. De gekozen aantallen dienen als representatief voorbeeld; de resultaten zijn lineair schaalbaar naar grotere of kleinere kantoren.

2. Aantal wasbeurten

Voor herbruikbare bekert is het wasproces bepalend. In de praktijk varieert hoe vaak een beker wordt gereinigd: na elke consumptie, één keer per dag of ergens daartussenin. Op basis van de literatuurstudie, aangevuld met inzichten uit eerdere beker-LCA's uitgevoerd door Rebel en TAUW voor verschillende partijen, hanteren we het uitgangspunt dat een medewerker twee consumpties nuttigt voordat de beker wordt gewassen. We nemen aan dat een gebruiker de beker tussen de twee consumpties niet afspoelt. Als een gebruiker dit wél doet, zal de waterimpact hoger zijn. Met dit uitgangspunt komen we op het volgende aantal wasbeurten:

$$\begin{aligned} & 176.000 \text{ consumpties} \div 2 \\ & = 88.000 \\ & \text{wasbeurten per jaar} \end{aligned}$$

Voor PP-bekers geldt dat deze wasbeurten plaatsvinden bij een externe wasfaciliteit; voor keramische en glazen bekert vindt wassen plaats in de vaatwasser op kantoor.

3. Aantal bekert dat nodig is voor consumpties

Het aantal herbruikbare bekert dat jaarlijks nodig is om de consumpties te faciliteren, hangt af van de technische levensduur, uitgedrukt in het aantal wasbeurten dat een beker meegaat. In deze analyse hanteren we de volgende technische levensduur per beker (zie bijlage B voor een onderbouwing):

- PP-beker: gemiddeld 100 wasbeurten;
- Keramische beker: gemiddeld 1.000 wasbeurten;
- Glazen beker: gemiddeld 1.000 wasbeurten.

4. Bekert die tussentijds verloren gaan

Naast slijtage door wassen houden we rekening met verlies en breuk, bijvoorbeeld doordat herbruikbare bekert vallen, verdwijnen of beschadigd raken. Dit effect wordt berekend op basis van de aanwezige voorraad bekert op kantoor. We nemen aan dat een kantoor een buffer van 15% aanhoudt, wat betekent dat bij een kantoor met 200 medewerkers 230 herbruikbare bekert in omloop zijn.¹⁰

Voor het jaarlijkse verlies van bekert hanteren we de volgende percentages:

- PP-bekert: 5% verlies per jaar, gebaseerd op gerapporteerde bandbreedtes (0–10%) uit studies naar herbruikbare PP-bekert in vergelijkbare situaties waarbij wordt gewassen op een externe locatie. In deze studies wordt opgemerkt dat met name het inzamelen,

transporteren en terugbrengen leidt tot additioneel risico op verlies of breuk.

- Keramische en glazen bekert: 1,1% verlies per jaar, gebaseerd op data uit Martin et al (2018), met vermelding in UNEP (2021). De studie stelt dat 1% van de glazen en keramische bekert beschadigt of kwijtraakt tijdens het gebruik en 0,1% van de bekert beschadigt of kwijtraakt tijdens het wassen in een vaatwasser.

5. Aantal bekert dat nodig is voor jaarlijkse consumpties in kantooromgeving

In lijn met de literatuur modelleren we het gebruik van bekert in een steady-state situatie. Dit houdt in dat wordt uitgegaan van een situatie waarin het bekertstelsel reeds operationeel is en zich in een stabiele gebruiksfase bevindt (of dat nu het 4e of het 100ste gebruikjaar is). De analyse richt zich daarmee niet op de initiële inrichting van het stelsel – zoals de plaatsing van automaten, de aanschaf van een startvoorraad of de tijd die medewerkers nodig hebben om aan het stelsel te wennen – maar uitsluitend op het jaarlijkse vervangingsvolume dat nodig is om het stelsel in stand te houden. Dit betreft zowel vervanging door slijtage (bekert nodig voor consumptie) als door verlies of beschadiging (bekert die verloren gaan).

De berekende aantallen herbruikbare bekert in Tabel 2 tonen dus niet het aantal bekert dat op enig moment beschikbaar is op kantoor, maar het aantal bekert dat gemiddeld per jaar het einde van de technische levensduur bereikt. Zo betekent een jaarlijkse behoefte van bijvoorbeeld 100 keramische bekert bij 176.000 consumpties niet dat deze consumpties met slechts 100 bekert plaatsvinden. Het betekent dat, gegeven de totale voorraad en het gebruikspatroon, de cumulatieve slijtage overeenkomt met het volledig 'verbruiken' van 100 bekert per jaar. Dit kan zich in de praktijk uiten als het volledig verslijten van een kleiner aantal bekert, of als gedeeltelijke slijtage over een grotere voorraad over meerdere jaren. Anders gezegd: de totale jaarlijkse behoefte in Tabel 2 toont dat er jaarlijks respectievelijk 176.000, 892, 91 en 91 nieuwe bekert in het bestaande stelsel moeten worden ingebracht om het stabiel te houden. Deze benadering sluit aan bij gangbare LCA-methoden en maakt het mogelijk om herbruikbare en eenmalige systemen op consistente wijze te vergelijken op basis van jaarlijkse milieu-impact.

Tabel 2 vat bovenstaande samen en maakt inzichtelijk hoeveel bekert er nodig zijn in ieder scenario.

¹⁰ We nemen aan dat herbruikbare PP-bekert halverwege de dag worden opgehaald om extern te worden gewassen. Herbruikbare bekert van glas en keramiek worden in een vaatwasser op kantoor gewassen.

[TABEL 2]

OVERICHT TOTALE JAARLIJKSE BEKERBEHOEFTE PER SCENARIO, INCL. ONDERLIGGENDE DATA EN AANNAMES

TYPE BEKER	PAPIER	PP	KERAMIEK	GLAS
Gebruikssysteem	Eenmalig gebruik	Herbruikbaar, extern gewassen	Herbruikbaar, op kantoor gewassen	
Aantal consumpties per jaar	176.000	176.000	176.000	176.000
Wasbeurten per jaar	n.v.t.	88.000	88.000	88.000
Technische levensduur (wasbeurten)	n.v.t.	100	1.000	1.000
Bekers nodig voor consumptie	176.000	880	88	88
Bekers die verloren gaan	0	12	3	3
Totale jaarlijkse behoefte (stuks)	176.000	892	91	91

3.3.2 Data met betrekking tot de levenscyclus van bekers

De onderstaande tabellen geven per beker een overzicht van de gebruikte levenscyclusdata per ketenstap. Het betreft de materiaal- en procesdata die als input dienen voor de LCA-berekeningen van de vier scenario's in dit onderzoek. De getoonde waarden zijn afkomstig uit de literatuurstudie (hoofdstuk 2) en praktijkgegevens. Elke waarde is gebaseerd op een bron of onderbouwde aanname, die ook in de tabellen genoemd worden.

De verschillende ketenstappen maken gebruik van levenscyclusdata over:

- Grondstoffen en gewicht van de beker (en verpakking), als input voor de productiefase. Het bekgewicht en -materiaal rekenen in het LCA-model ook door in de andere levensfasen.
- Productielocatie en transportafstand/modus, die samen de distributiefase bepalen.
- Energie-, water- en wasmiddelverbruik en de transportmodus en -afstand naar de wasfaciliteit, voor de gebruiksfase (alleen voor herbruikbare bekers).
- Afdankroutes, verbrandingswaarden en -rendementen, recyclingrendementen en vermeden *virgin* materiaal voor de afdankfase.

Eenmalig bruikbare bekers

Tabel 3 bevat de belangrijkste datapunten en aannames voor de eenmalig bruikbare papieren beker. De tabel spreekt grotendeels voor zich. Enkele datapunten lichten we hieronder verder toe.

- Gewicht en productielocatie: gebaseerd op de studie van CE Delft (2020) met dezelfde type eenmalige bekers (materiaal en inhoud).
- Transportafstand: studies die uitgaan van productie in de EU hanteren afstanden van 500 tot 1200 km per truck (Unionplast, 2015; Martin et al., 2018; CE Delft, 2020; UNEP, 2021; Wang, 2025). We nemen een afstand van 1000 km aan, om de afstand niet te onderschatten. Dit lijkt een redelijke inschatting vergeleken met de productielanden volgens Eurostat data over 2024 (Eurostat, 2025).
- Verpakking: de bekers worden na productie verpakt in LDPE sleeves (primaire verpakking) en kartonnen dozen (secundaire verpakking). We volgen de studie van LCA Centre (2020) naar kunststof eenmalige bekers om een aanname te kunnen doen over de gewichten en hanteren dus 0,08 gram LDPE en 0,9 gram papier per beker.
- Afdankroutes: KIDV (2021) stelt in een onderzoek naar de afdanking van koffiebekers dat maximaal 10% van de papieren bekers bij bedrijven wordt ingezameld voor recycling tot een papier product. 10-20% van deze bekers worden alsnog verbrand, omdat ze te vervuild zijn. Oftewel: 9% van de bekers wordt gerecycled. De overige 91% wordt verbrand met het restafval in Nederland, met energierterugwinning.

[TABEL 3]

LEVENSCYCLUSDATA BEKERS VOOR EENMALIG GEBRUIK

DATAPUNT	PAPIEREN BEKER
Gewicht	5 gram, waarvan 5% LDPE en 95% papier (CE Delft, 2020)
Productielocatie	Europa (CE Delft, 2020)
Transportafstand	1.000 km (afstand in lijn met bandbreedte van 500-1200km voor productie in EU in diverse LCA's ¹¹)
Transportmodus	Truck 16-32 ton, diesel (TNO, 2007; LCA Centre, 2020)
Verpakking	Verpakt in LDPE sleeve in kartonnen doos Met 0,08 gram LDPE en 0,9 gram papier per beker (LCA Centre, 2020)
Afdankroutes	
Recycling • Rendement • Virgin materiaal	9% recycling (KIDV, 2021) • 68% • Virgin paperpulp (CE Delft, 2020)
Verbranding • LHV waarde¹² • Rendement	91% verbranding (KIDV, 2021) • 12,1 MJ / kg • 15% elektriciteit, 28% warmte (CE Delft, 2020)

¹¹ Unionplast (2015), Martin et al. (2018), CE Delft (2020), UNEP (2021) en Wang (2025)
¹² Lower Heating Value, ook wel de onderste verbrandingswaarde of stookwaarde genoemd.

Herbruikbare bekere

Tabel 4 bevat de belangrijkste datapunten en aannames voor de drie herbruikbare scenario's. Ook hier spreekt de tabel grotendeels voor zich en bespreken we daarom slechts een paar datapunten voor extra duiding.

- Transportafstand: voor de transportafstand vanuit Europa hanteren we dezelfde uitgangspunten als bij eenmalige bekere. Voor de transportafstand vanuit China doen we de aanname dat productie plaatsvindt in Shanghai, waar in de regio veel keramiek productie plaatsvindt. De afstanden die daaruit volgen, zijn in lijn met de studie van Martin et al. (2018).
- Verpakking: PP-bekere worden na productie verpakt in kartonnen dozen (secundaire verpakking), keramische en glazen bekere in bubbeltjesplastic (primaire verpakking) en kartonnen dozen (secundaire verpakking). Voor het gewicht van dozen gebruiken we openbare data op websites van verkopers van bekere. Bij bubbeltjesplastic stellen we dat het gewicht gelijk is aan twee keer het gewicht een plastic *sleeve* (die gebruikt wordt voor het verpakken van eenmalige bekere).
- Type elektriciteit bij wassen: in lijn met de geanalyseerde studies stellen we dat de elektriciteit die wordt gebruikt bij het wassen overeenkomt met 'de gemiddelde elektriciteitsmix in Nederland'. CE Delft (2020) merkt op dat de impact van de elektriciteitsmix in Nederland al jaren afneemt (door toename van groene stroom) en dat deze trend de komende jaren doorzet.
- Afdankroutes: omdat PP-bekere door een externe partij in Nederland worden opgehaald, is het aannemelijk dat deze bekere bij einde levensduur worden aangeboden voor recycling. Op basis van inzichten uit eerdere beker-LCA's van Rebel en TAUW, gebruiken we een recyclepercentage van 90% voor PP-bekere. Voor keramische bekere volgen we TNO (2007) in de redenering dat, bij gebrek aan gescheiden inzameling, al het keramiek wordt afgedankt via het restafval en dus wordt verbrand (als inert materiaal). Hoewel glas in de glasbak gerecycled kan worden, is de glasbak bedoeld voor verpakkingsglas. Een beker heeft vanwege de hittebestendige eigenschappen namelijk een andere smelttemperatuur dan verpakkingsglas. We nemen daarom aan dat alle glazen bekere worden verbrand.

[TABEL 4]

LEVENSCYCLUSDATA VOOR HERBRUIKBARE BEKERE

DATAPUNT	PP-BEKER	KERAMISCHE BEKER	GLAZEN BEKER
Gewicht	28 gram (gemiddelde van PP-bekere in studie van LCA Centre)	260 gram (CE Delft, 2020, geverifieerd door auteurs)	250 gram (CE Delft, 2020, geverifieerd door auteurs)
Productielocatie	Europa (CE Delft, 2020)	China (Martin et al., 2018)	Europa (CE Delft, 2020)
Transportafstand	1.000 km (afstand in lijn met bandbreedte van 500-1200km voor productie in EU in diverse LCA's)	20.000 km over zee 60 km over weg (afstanden van Shanghai naar Rotterdam en van Rotterdam naar Utrecht)	1.000 km (afstand in lijn met bandbreedte van 500-1200km voor productie in EU in diverse LCA's)
Transportmodus	Truck 16-32 ton, diesel (TNO, 2007; LCA Centre, 2020)	Containerschip, zware stookolie (Martin et al., 2018) Truck 16-32 ton, diesel (TNO, 2007; LCA Centre, 2020)	Truck 16-32 ton, diesel (TNO, 2007; LCA Centre, 2020)

¹³ Unionplast (2015), Martin et al. (2018), CE Delft (2020), UNEP (2021) en Wang (2025)

¹⁴ Unionplast (2015), Martin et al. (2018), CE Delft (2020), UNEP (2021) en Wang (2025)

Verpakking	Verpakt in kartonnen doos Met 2 gram karton per beker (aanname)	Verpakt in bubbeltjesplastic in kartonnen doos Met 0,16 gram plastic en 4,5 gram karton per beker (aanname)	
Technische levensduur	100 wasbeurten (Ramboll, 2020)	1.000 wasbeurten (zie voor onderbouwing bijlage B)	
Jaarlijks verlies	5% (LCA Centre, 2020; JRC, 2024)	1% (Martin et al., 2018)	
Transport van en naar wasfaciliteit	60 km met truck 7,5-16 ton (LCA Centre, 2020)	n.v.t. (beker wordt gewassen op kantoor)	
Wasproces • Elektriciteit • Water • Schoonmaakmiddel	Industriële vaatwasser • 0,016 kWh / beker • 0,20 liter / beker • 0,36 gram / beker (zie voor onderbouwing bijlage C)	Vaatwasser op kantoor • 0,014 kWh / beker • 0,12 liter / beker • 0,29 gram / beker (zie voor onderbouwing bijlage C)	
Type elektriciteit	Gemiddelde Nederlandse stroommix (diverse LCA's, zie ook toelichting in hoofdstuk 2)		
Afdankroutes			
Recycling • Rendement • Virgin materiaal	90% recycling (leveranciersdata) • 67% • PP granulaat (standaard voor PP)	0% recycling (CE Delft, 2020) • n.v.t. (geen recycling)	0% recycling (CE Delft, 2020) • n.v.t. (geen recycling)
Verbranding • LHV waarde¹⁵ • Rendement	10% verbranding (leveranciersdata) • 34 MJ / kg • 15% elektra, 28% warmte (CE Delft, 2020)	100% verbranding (CE Delft, 2020) • 0 MJ / kg • n.v.t. (CE Delft, 2020)	100% verbranding (CE Delft, 2020) • 0 MJ / kg • n.v.t. (CE Delft, 2020)

¹⁵ Lower Heating Value, ook wel de onderste verbrandingswaarde of stookwaarde genoemd.

3.4 Resultaten

Deze paragraaf bevat de resultaten van de milieu-impactvergelijking van de vier scenario's in dit onderzoek. We tonen zowel de totale milieu-impact per beker, als de verdeling van die impact over de verschillende ketenstappen. Ook lichten we toe vanaf hoeveel gebruikscycli (of consumpties) de herbruikbare bekere een lagere milieu-impact hebben dan eenmalige bekere (het zogenoemde break-even punt).

De resultaten zijn representatief voor het gebruik van bekere in kantoorsettings in Nederland gedurende één jaar en vormen een solide basis voor onderlinge vergelijking van de vier scenario's binnen die context. Verandering van de kantoorgruote beïnvloedt de absolute resultaten, maar verandert de onderlinge verhouding tussen de scenario's niet. De relatieve verschillen in impact tussen de bekerescenario's blijven dus even groot bij een functionele eenheid van 1 consumptie per dag als 176.000 consumpties per jaar. Afwijkende bekerescenario's, levenscyclusdata, contexten (zoals horeca of sportclubs) of afbakening kunnen wél tot andere relatieve resultaten en conclusies leiden. De resultaten zijn daarom niet één-op-één toepasbaar op andere contexten (zoals restaurants of sportclubs) of kantoorsettings met afwijkende bekerescenario's of levenscyclusdata. Bij interesse in resultaten voor andere contexten of scenario's verwijzen we naar de uitnodiging in paragraaf 1.6 om contact op te nemen met de onderzoekers voor aanvullende analyses.

Voor de leesbaarheid zijn in deze paragraaf vier ReCiPe indicatoren opgenomen: drie zogenoemde *midpoint* indicatoren (klimaatverandering, watergebruik en landgebruik) en één *endpoint* indicator (impact op menselijke gezondheid). In bestaande onderzoeken worden de drie *midpoint* indicatoren gezien als de belangrijkste maatstaven voor het uitdrukken van de milieu-impact van eenmalige en herbruikbare bekere. Bij aggregatie van *midpoint* naar *endpoint* indicatoren, blijken deze drie *midpoints* bovendien een grotere invloed te hebben op de *endpoint* resultaten dan de overige *midpoint* indicatoren. De drie *endpoint* indicatoren volgen hetzelfde patroon qua relatieve resultaten. We presenteren in dit hoofdstuk de impact op menselijke gezondheid, omdat dit een aanvullend perspectief biedt (sociaal/veiligheidsperspectief) ten opzichte van de gekozen *midpoint* indicatoren (die primair het milieuperspectief weergeven). Bovendien worden de twee *midpoint* indicatoren waarvan de resultaten een ander patroon volgen dan de overige resultaten (impact op "eutrofiëring: zoetwater" en "ioniserende stralingsimpact") gevangen in de impact op menselijke gezondheid *endpoint* indicator. De resultaten voor alle overige ReCiPe indicatoren zijn opgenomen in bijlage E.

3.4.1 Klimaatverandering

Figuur 5 toont de bijdrage aan klimaatverandering over de hele levenscyclus van de vier typen bekere. De impact wordt uitgedrukt in CO₂-equivalenten per jaar. Daarin zijn alle verschillende broeikasgassen die vrijkomen omgerekend naar hun effect op klimaatverandering ten opzichte van CO₂.

Herbruikbare glazen bekere veroorzaken de laagste uitstoot (461 kg CO₂-eq. per jaar), terwijl papieren eenmalige bekere de hoogste uitstoot veroorzaken (1.182 kg CO₂-eq. per jaar). De totale broeikasgasuitstoot van papieren bekere is 2 tot 2,6 keer hoger dan die van de herbruikbare alternatieven.

Het grootste deel van de broeikasgasemissies van papieren bekere ontstaat in de productiefase (75%). Er is namelijk veel meer materiaal nodig, en dus meer impact, vanwege het grote aantal benodigde bekere: 176.000 stuks per jaar tegenover 91 tot 887 stuks bij herbruikbare bekere. De distributie en afdanking dragen in mindere mate bij aan de hoge uitstoot, ook met name door de grote hoeveelheid papieren bekere. In de gebruiksfase hebben papieren bekere geen impact, omdat ze niet gewassen worden.

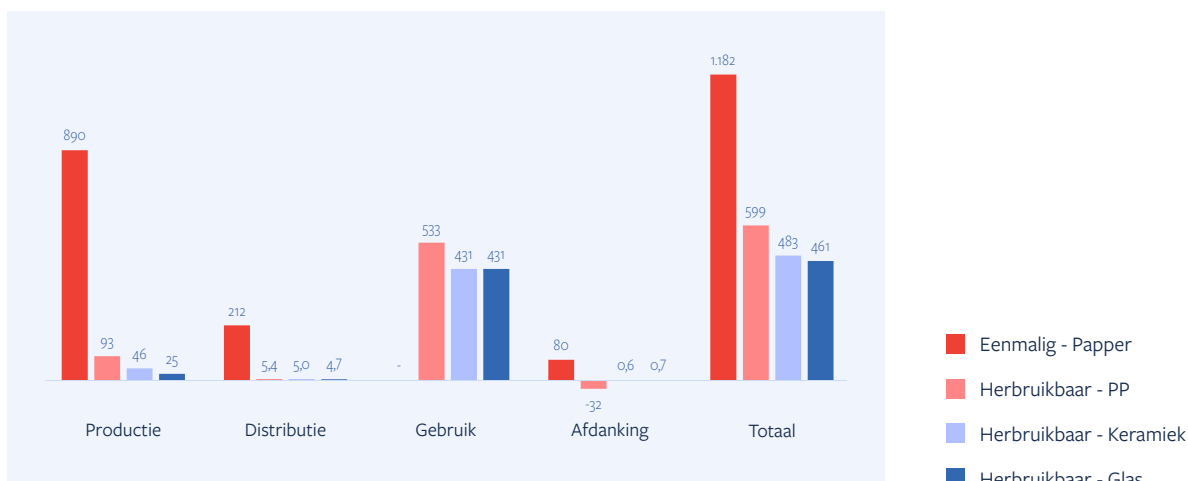
PP-bekere hebben in bijna alle fasen iets meer impact dan keramiek en glas. Dit komt doordat PP:

- een hoger benodigd aantal bekere kent (887 stuks, t.o.v. 91 stuks bij keramiek en glas);
- iets hogere broeikasgasuitstoot per kg materiaal heeft dan keramiek en glas (dat deels gecompenseerd wordt door het lagere gewicht van PP-bekere ten opzichte van keramiek en glas);
- en gewassen wordt in een externe industriële wasstraat met een iets hoger verbruik en transport.

In de afdankingsfase wordt bij PP een deel van de impact gecompenseerd door energierugwinning bij verbranding en vermijden van *virgin* materiaal via recycling, waardoor die fase voor PP meer broeikasgasemissies compenseert dan uitstoot. Bij papieren bekere is de hoeveelheid voorkomen broeikasgasemissies door energierugwinning en recyclee niet groot genoeg om de volledige impact van de verbranding en het recyclingproces te compenseren. De verbrandingsimpact van keramiek en glas is laag vanwege het kleine aantal benodigde bekere.

[FIGUUR 5]

IMPACT OP KLIMAATVERANDERING VAN 4 TYPEN BEKERS PER KETENSTAP (IN KG CO₂-EQ. PER JAAR)



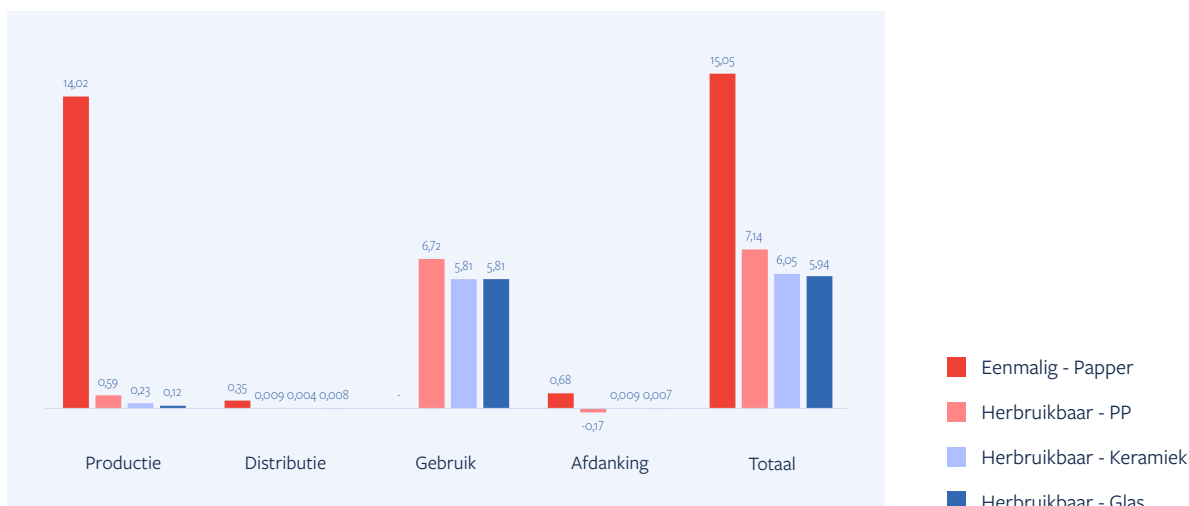
3.4.2 Watergebruik

Figuur 6 laat zien dat papieren bekert het hoogste waterverbruik veroorzaken (15 m³ per jaar). Dat is 2,1 tot 2,5 keer meer dan bij herbruikbare bekert. Net als bij klimaatverandering is het verschil tussen eenmalige en herbruikbare bekert grotendeels te verklaren door het hoge verbruik van materiaal voor de productie van eenmalige bekert (door het grote aantal benodigde bekert) en de relatief hoge waterintensiteit van papierproductie ten opzichte van de andere materialen.

Van de herbruikbare bekert scoort glas het best, gevolgd door keramiek. Voor beide levenscycli is zo'n 6 m³ water per jaar nodig. Het wassen in de gebruiksfase verklaart een groot deel van de totale waterimpact van de herbruikbare bekert. PP-bekert hebben van de drie herbruikbare opties de hoogste waterimpact (7 m³ per jaar). Dat komt deels door het grotere aantal benodigde bekert ten opzichte van de andere herbruikbare bekert (887 stuks ten opzichte van 91 stuks) en (voor een kleiner deel) door het iets hogere waterverbruik in het externe wasproces.

[FIGUUR 6]

WATERGEBRUIK IMPACT VAN 4 TYPEN BEKERS PER KETENSTAP (IN M³ PER JAAR)



3.4.3 Landgebruik

Figuur 7 toont de impact op landgebruik voor de vier bekers in dit onderzoek. De impact wordt uitgedrukt in $m^2 \cdot a$ crop-eq. Dat geeft weer hoeveel akkerland gedurende welke periode nodig is voor de productie van een product.

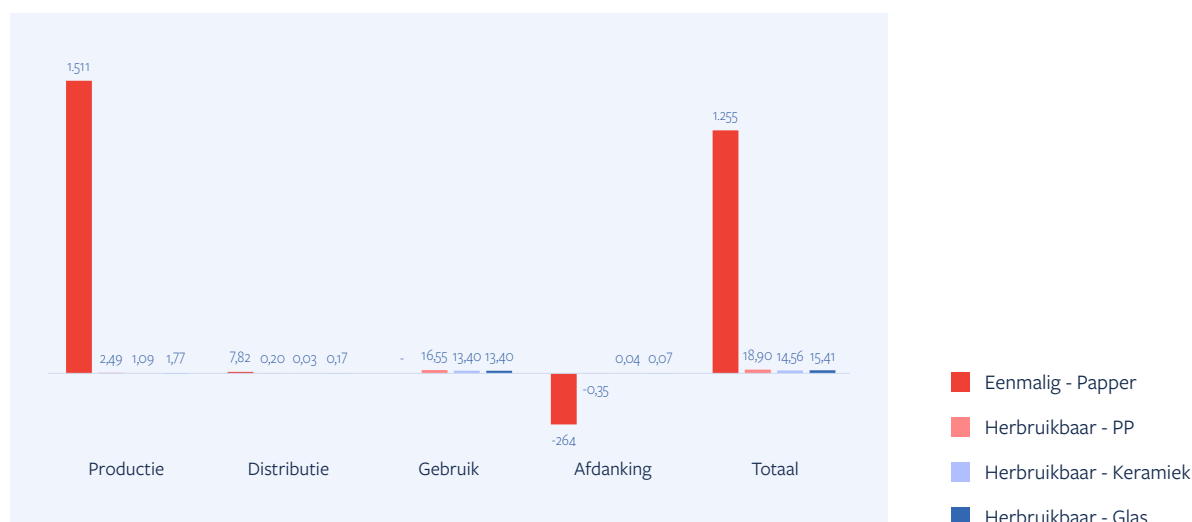
Papieren bekers hebben een extreem hoge impact op landgebruik ($1.255 m^2 \cdot a$ crop-eq. per jaar), die opnieuw hoger is dan de impact van herbruikbare bekers op deze indicator. De impact van papieren bekers is 66 tot 86 keer de impact van de herbruikbare opties. De hoge impact van papieren bekers komt vooral door de productie van papier, waarvoor veel land nodig is in de bosbouw (en landbouw).

Hoewel het vermeden *virgin* papier door recycling en de energierugwinning bij verbranding in de afdankfase een relatief grote compensatiepost is ($-264 m^2 \cdot a$ crop-eq.), is dat onvoldoende verlaging van de impact om te kunnen concurreren met de herbruikbare alternatieven.

Anders dan we eerder zagen, scoort van de herbruikbare bekers keramiek het best, gevolgd door glas. PP heeft opnieuw de hoogste impact van de herbruikbare varianten, om dezelfde redenen (het grotere aantal benodigde bekers en het externe wasproces). De verschillen tussen de drie herbruikbare opties zijn echter beperkt.

[FIGUUR 7]

LANDGEBRUIK IMPACT VAN 4 TYPEN BEKERS PER KETENSTAP (IN $M^2 \cdot A$ CROP-EQ. PER JAAR)



3.4.4 Menselijke gezondheid

Figuur 8 toont de impact op menselijke gezondheid. Dit is een geaggregeerde indicator, samengesteld uit diverse *midpoint* indicatoren en weegfactoren (zie bijlage A). De impact wordt uitgedrukt in Disability-Adjusted Life Years (DALY). Twee DALY betekent dat een persoon gemiddeld twee levensjaren verliest door vroegtijdige dood en/of leeft met een ziekte of beperking (gewogen naar ernst), als gevolg van de diverse typen milieuvervuiling.

Papieren bekers scoren het slechtst, met een impact van ongeveer $0,003$ DALY. Dat is 1,7 tot 2,1 keer hoger dan de impact op menselijke gezondheid die de herbruikbare bekers veroorzaken. Net als bij de andere indicatoren is vooral het grote aantal benodigde bekers bepalend voor de impact.

Glazen bekers hebben de laagste impact, gevolgd door keramiek en PP. De verschillen tussen de herbruikbare opties zijn kleiner dan bij de andere indicatoren, wat mogelijk komt door de aggregatie.

De gebruiksfase draagt bij alle herbruikbare bekers iets meer bij aan de impact op menselijke gezondheid dan dat we tot nu toe bij de andere indicatoren zagen (klimaatverandering, watergebruik en landgebruik). Dat komt vooral door het gebruik van schoonmaakmiddelen (met toxische en onnatuurlijke stoffen) en in mindere mate door luchtverontreiniging door het wasproces en transport.

[FIGUUR 8]

IMPACT OP MENSELIJKE GEZONDHEID VAN 4 TYPEN BEKERS PER KETENSTAP (IN DALY PER JAAR, $\times 1.000$)



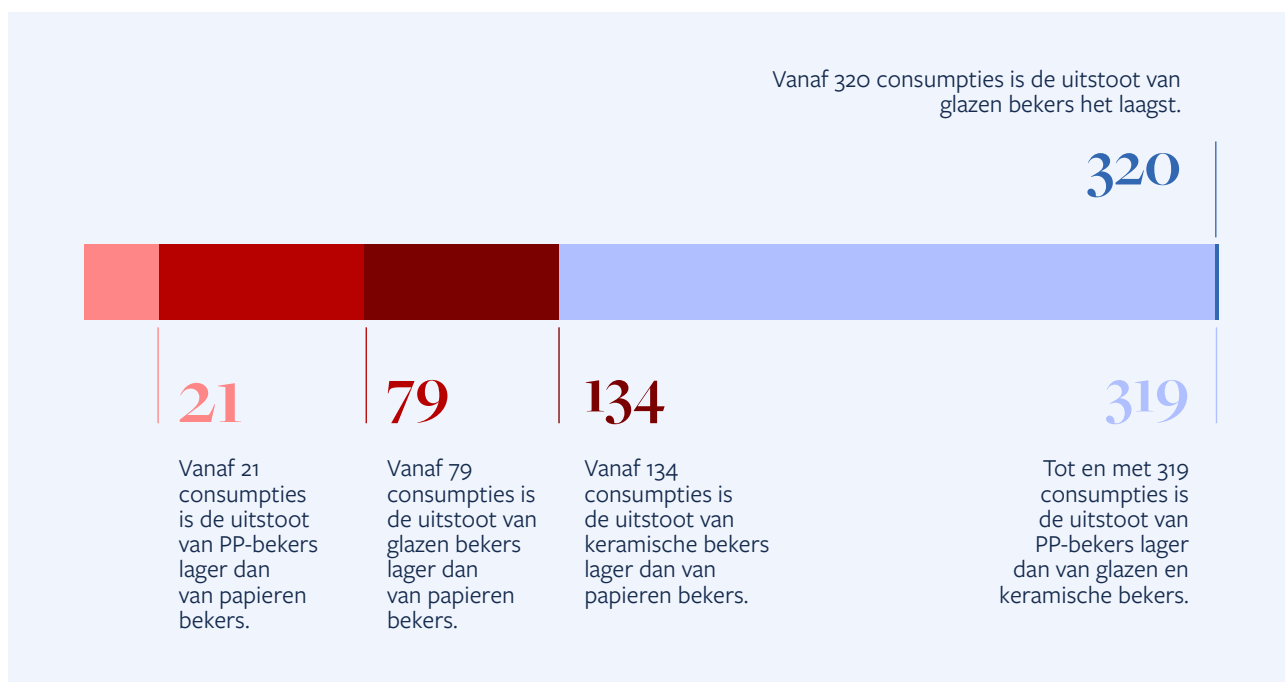
Let op: Figuur 8 toont de impact per 1.000 DALY per jaar, ten behoeve van de leesbaarheid. De waarden in het figuur moeten dus gedeeld worden door 1.000. Voorbeeld: De totale impact papieren bekert is 2,67 in het figuur. Dat is 0,00267 DALY per jaar, wat ongeveer overeenkomt met 23 uur verlies aan gezonde levensduur.

3.5 Break-even punt

Een break-even punt is het (omslag)punt waarop een product precies even “goed” scoort als het alternatief. Het zegt iets over de relatieve milieu-impact, en geeft het getal praktische betekenis in de realiteit. In dit onderzoek drukt het break-even punt uit hoeveel consumpties er minimaal uit een herbruikbare beker

gedronken moeten worden, zodat de milieu-impact lager is dan die van eenmalige papieren bekert (voor dezelfde hoeveelheid consumpties).

Het break-even punt is afhankelijk van de indicator waarin de milieu-impact gemeten en uitgedrukt wordt. Ten behoeve van de leesbaarheid tonen we enkel de break-even punten voor klimaatverandering (broeikasgasuitstoot in CO₂-eq.):



De break-even punten voor de indicatoren water gebruik en impact op menselijke gezondheid vallen in dezelfde ordegrootte als de break-even punten voor klimaatverandering. Bij landgebruik zijn herbruikbare bekens echter veel eerder minder impactvol dan eenmalige bekens. Het bekijken van alleen de break-even punten voor klimaatverandering is (voor die indicator) dus in het voordeel van herbruikbare bekens.

3.6 “Wat als”-scenario's

Om inzicht te geven in de bandbreedte van de resultaten, onderzoeken we twee “wat als”-scenario's: (A) Wat als herbruikbare bekens na iedere consumptie gewassen worden (i.p.v. na twee consumpties)? (B) Wat als 30% of 100% van het papier in eenmalige papieren bekens gerecycled wordt (i.p.v. 9%)?

De twee “wat als”-scenario's vormen een (enigszins beperkte) gevoeligheidsanalyse. Een gevoeligheidsanalyse geeft inzicht in de mate waarin de resultaten standhouden onder veranderingen in parameters. In de “wat als”-scenario's proberen we te ontdekken of eenmalige papieren bekens nog steeds een hogere milieu-impact hebben dan herbruikbare bekens, als (A) herbruikbare bekens in een maximale frequentie gewassen worden of (B) meer papier van eenmalige papieren bekens gerecycled wordt. Om uitspraken te kunnen doen over de robuustheid van de resultaten als geheel, is een uitgebreidere gevoeligheidsanalyse over een groter aantal parameters en indicatoren nodig, zoals bijvoorbeeld een hogere technische levensduur van herbruikbare bekens (zoals toegelicht in bijlage B), de efficiëntie van de vaatwasser en het soort elektriciteit dat wordt gebruikt (groen of grijs). Gezien de noodzaak tot afbakening van dit onderzoek, is gekozen om slechts twee “wat als”-scenario's door te rekenen, in het voordeel van de papieren beker, voor één impact indicator (klimaatverandering). Klimaatverandering is de meest gangbare indicator om milieu-impact in uit te drukken en, zoals eerder toegelicht, volgt deze indicator ongeveer de relatieve milieu-impact verhoudingen op *endpoint* niveau.

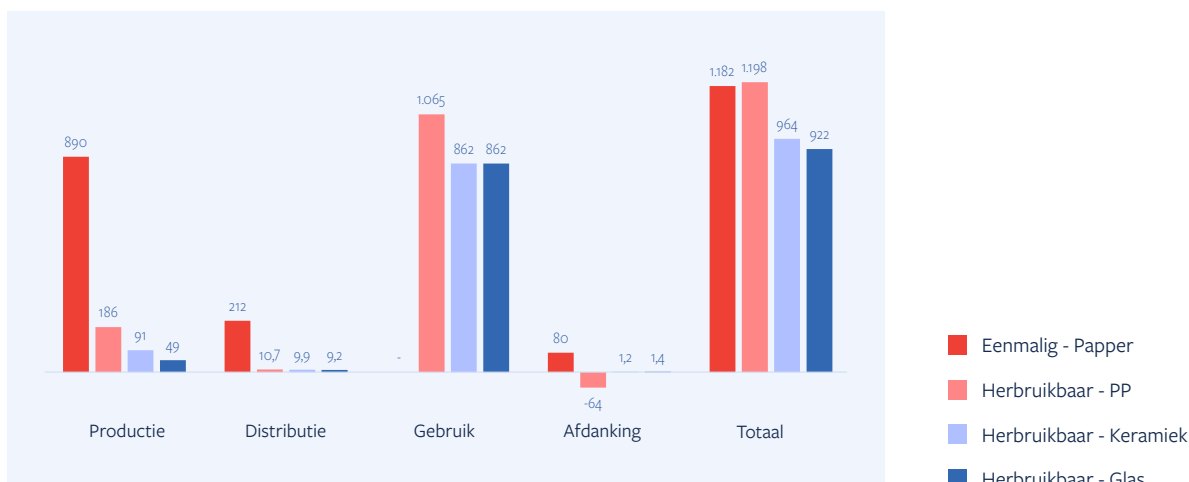
3.6.1 Herbruikbare bekens na iedere consumptie wassen

Figuur 9 geeft de resultaten weer onder de aanname dat herbruikbare bekens na iedere consumptie gewassen worden. Uit het figuur blijkt dat de was-impact in de gebruiksfase voor alle herbruikbare bekens verdubbelt, omdat bekens nu twee keer zo vaak gewassen worden. Daarnaast verdubbelen ook de broeikasgasemissies in de andere fases, omdat er bijna twee keer zoveel bekens nodig zijn om aan hetzelfde aantal consumpties te kunnen voldoen. Op de totale levenscyclus hebben herbruikbare bekens van PP de hoogste milieu-impact (1.198 kg CO₂-eq.), die nagenoeg gelijk is aan de milieu-impact van eenmalige papieren bekens. Ook de milieu-impact van bekens van keramiek en glas is toegenomen. Eenmalige papieren bekens en herbruikbare PP-bekens stoten 1,2 à 1,3 keer meer broeikasgasemissies uit dan herbruikbare bekens van glas en keramiek. Hoewel deze aanname (absoluut én relatief gezien) een grote verandering teweeg brengt in de resultaten van de bekensscenario's, hebben herbruikbare bekens van keramiek en glas in dit “wat als”-scenario nog steeds de laagste milieu-impact.



[FIGUUR 9]

IMPACT OP KLIMAATVERANDERING VAN 4 TYPEN BEKERS PER KETENSTAP (IN KG CO₂-EQ. PER JAAR), BIJ HET WASSEN VAN HERBRUIKBARE BEKERS NA IEDERE



3.6.2 Papier van eenmalige bekiers meer recycleren

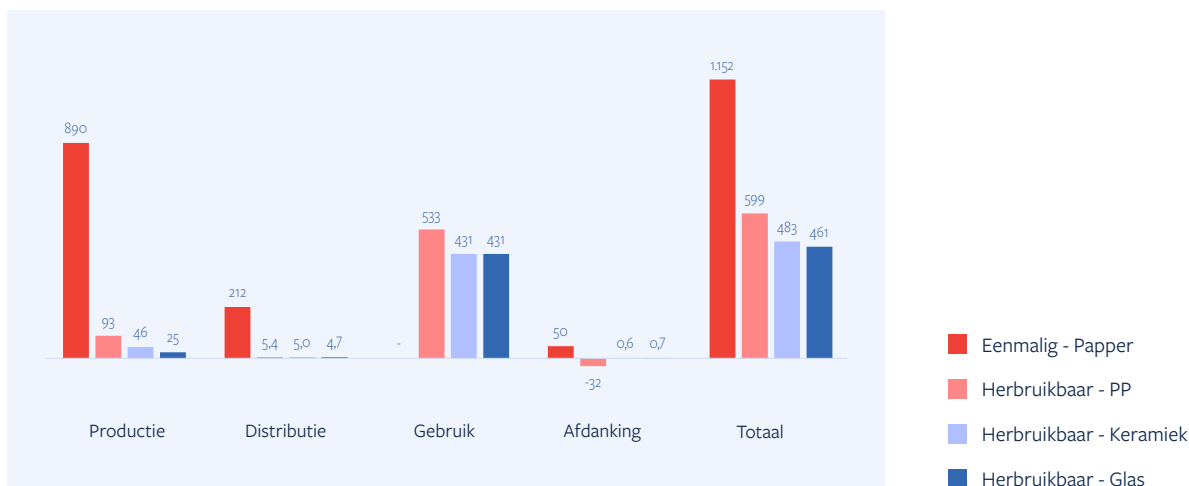
Uit de literatuurstudie concluderen we dat maximaal 30% van het papier van eenmalige papieren bekiers gerecycled wordt. Figuur 10 geeft de resultaten weer voor 30% papierrecycling.

Als gevolg van het hogere recyclingpercentage, is de impact van eenmalige papieren bekiers in de afdankingsfase gedaald van 80 kg CO₂-eq. (bij 9% recycling) naar 48 kg CO₂-eq. (bij 30% recycling). Daardoor neemt ook de totale broeikasgasemissies van eenmalige bekiers met 2,6% af (-32 kg CO₂-eq.). Maar dat is niet voldoende om de veel grotere hoeveelheid emissies van eenmalige bekiers ten opzichte van herbruikbare bekiers, afkomstig van met name de productiefase, te overbruggen. De conclusie dat eenmalige bekiers meer broeikasgasemissies uitstoten dan herbruikbare bekiers houdt stand.

Als de doelen zoals beschreven in de kamerbrief met reacties op moties over de aanpassing van de regels voor eenmalige bekiers slagen, dan is het ook relevant om een (nu nog theoretisch) scenario van 100% recycling van het papier door te rekenen. Figuur 11 geeft daarvan de resultaten weer. Bij 100% recycling van papier wordt de afdankingsimpact negatief (-50 kg CO₂-eq.) en neemt de totale impact van eenmalige bekiers met 11% af (naar 1.052 kg CO₂-eq.). Ondanks dat het in absolute zin een vrij forse afname is, is ook dat niet voldoende om het verschil in impact met herbruikbare bekiers te overbruggen. Ook in dit geval veroorzaken eenmalige bekiers meer impact op klimaatverandering dan herbruikbare bekiers.

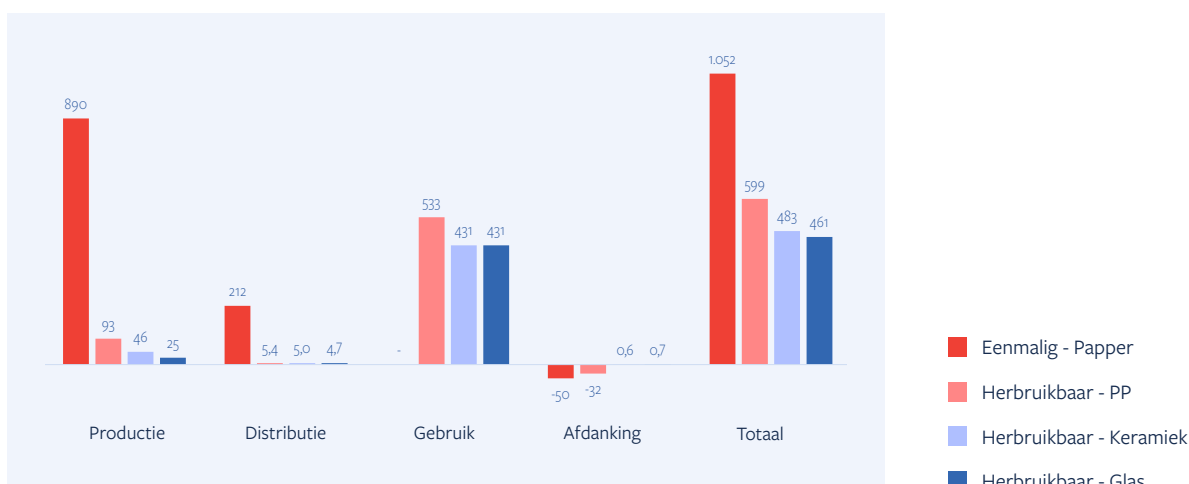
[FIGUUR 10]

IMPACT OP KLIMAATVERANDERING VAN 4 TYPEN BEKERS PER KETENSTAP (IN KG CO₂-EQ. PER JAAR), BIJ 30% RECYCLING VAN PAPIER UIT EENMALIGE



[FIGUUR 11]

IMPACT OP KLIMAATVERANDERING VAN 4 TYPEN BEKERS PER KETENSTAP (IN KG CO₂-EQ. PER JAAR), BIJ 100% RECYCLING VAN PAPIER UIT EENMALIGE



In deze twee “wat als”-scenario’s, in het voordeel van papieren bekert, houden de eerder gevonden resultaten stand: herbruikbare bekert hebben een lagere milieu-impact dan eenmalige bekert in een kantoorsetting.

3.7 Interpretatie van resultaten

Uit de analyse blijkt dat de milieuvordelen van herbruikbare bekert aanzienlijk zijn ten opzichte van eenmalige papieren bekert in een kantoorsetting bij een steady-state situatie. Voor alle vier de in dit hoofdstuk getoonde ReCiPe indicatoren (klimaatverandering, watergebruik, landgebruik en menselijke gezondheid) is de milieu-impact van herbruikbare bekert lager dan van eenmalige papieren bekert. Dit geldt ook voor bijna alle overige indicatoren, met uitzondering van de impact op “eutrofiëring: zoetwater” en “ioniserende stralingsimpact” (zie bijlage E). Voor de meeste indicatoren ligt de milieu-impact van herbruikbare bekert circa twee tot drie keer lager dan die van eenmalige papieren bekert. De verschillen zijn grotendeels toe te schrijven aan het grote aantal eenmalige bekert dat nodig is om hetzelfde aantal consumpties te realiseren.

De break-evenanalyse bevestigt dit beeld. In een kantoorsetting bij een steady-state situatie hebben herbruikbare bekert een lagere milieu-impact dan eenmalige bekert. Alleen in kantoren waar minder dan 21 consumpties per jaar worden genuttigd, hebben eenmalige bekert een lagere milieu-impact dan alle herbruikbare alternatieven in de analyse (in termen van broeikasgasuitstoot). Een dergelijk laag gebruiksniveau is in een kantoorcontext echter zeer onwaarschijnlijk.

Tussen herbruikbare bekert zijn de verschillen in milieu-impact kleiner. De milieu-impact wordt daarbij vooral beïnvloed door:

- het gewicht en materiaal van de beker;
- het aantal benodigde bekert (dat samenhangt met de levensduur en het verliespercentage);
- de wasmethode.

De meeste impact indicatoren tonen de laagste milieu-impact voor glazen bekert, gevolgd door keramische bekert. De milieu-impact van beide bekert ligt echter dicht bij elkaar. Bovendien nemen de verschillen tussen glazen en keramische bekert af naarmate het aantal consumpties toeneemt. De PP-beker heeft over het algemeen de grootste milieu-impact van de drie herbruikbare opties, onder andere vanwege het hogere aantal benodigde bekert.

De resultaten houden ook stand in de doorgerekende “wat als”-scenario’s. Zelfs bij een maximale afwasfrequentie voor herbruikbare bekert en bij hogere recyclingpercentages voor papieren bekert (beide uitersten in de bandbreedtes) blijven de conclusies overeind. Herbruikbare bekert hebben consistent een lagere milieu-impact dan bekert voor eenmalig gebruik.

De resultaten onderbouwen dus dat het gebruik van herbruikbare bekertjes in een kantoorsetting een substantiële bijdrage kan leveren aan de vermindering van milieu-impact, mits het systeem goed wordt ingericht en gebruikt. Met “goed inrichten en gebruiken” bedoelen we vooral dat herbruikbare bekertjes veel gebruikscycli (kunnen) maken en er efficiënt wordt gewassen.

3.8 Mogelijkheden voor verbetering van de LCA

Deze studie is gebaseerd op een reeks modelkeuzes, databronnen en aannames die gezamenlijk de milieu-impact van vier scenario's beschrijven die representatief zijn voor het gebruik van bekertjes in een gemiddelde Nederlandse kantoorsetting gedurende één jaar. Er zijn verschillende factoren die van invloed kunnen zijn op de resultaten en die niet in deze analyse zijn meegenomen of benaderd zijn. Hieronder lichten we de belangrijkste beperkingen en verbetermogelijkheden toe:

Gevoeligheidsanalyse

Hoewel de afbakening, datapunten en aannames in dit onderzoek gebaseerd zijn op een literatuurstudie en praktijkdata, kunnen ze in realiteit afwijken. Zoals toegelicht in voorgaande paragraaf is het goed een uitgebreidere gevoeligheidsanalyse uit te voeren. Als uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de resultaten niet significant veranderen door de aanpassingen in de inputwaarden, wijst dat er op dat de resultaten betrouwbaar zijn ondanks eventuele onzekerheden en aannames die eraan ten grondslag liggen. Wij raden aan om ten minste gevoeligheidsanalyses uit te voeren op (minimaal) de volgende parameters:

- Zwaardere bekertjes (de papieren beker in dit onderzoek is relatief licht);
- Hogere technische levensduur (waarbij glas en keramiek 1500 wascycli meegaan, i.p.v. 1000);
- Wassen van bekertjes in een efficiëntere (of minder efficiënte) vaatwasser;
- Wassen van bekertjes met gebruik van een groenere stroommix (in lijn met verwachte trend);
- Wassen van bekertjes in een handafwas.

Als uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat bepaalde parameters de resultaten wel sterk beïnvloeden, dan is het belangrijk om te overwegen om het aantal bekertjesscenario's in de analyse uit te breiden zodat alle variaties gemodelleerd worden.

Aanvullende gebruikscontexten

Onze ervaring leert dat de milieueffecten (uitkomsten) sterk afhankelijk zijn van de gekozen gebruikscontext. De analyse is uitgevoerd voor vier bekertjesscenario's in een representatieve kantoorsetting. In deze context is hergebruik relatief goed te organiseren, met voorspelbaar gebruik, beperkte piekbelasting

en efficiënte inzameling. In andere contexten, zoals op evenementenlocaties, in (*quick-service*) restaurants, of op een school(campus), spelen andere omstandigheden die tot andere uitkomsten kunnen leiden. Een verbreding naar meerdere gebruikscontexten is belangrijk om de toepasbaarheid van de inzichten vergroten, conclusies te kunnen nuanceren en grotere patronen aan het licht te brengen, zodat de uitkomsten beleidsmakers in beter staat stelt om onderbouwde keuzes te maken binnen de kaders van de SUP-wetgeving, de circulaire economie en het bredere streven naar afvalpreventie.

(Benodigde) inzichten voor toepassing

De resultaten geven richting, maar vragen ook om zorgvuldige interpretatie. Indien bovenstaande aanvullende analyses plaatsvinden, verwachten wij dat de conclusies voor kantoren (en eventueel sterk vergelijkbare gebruikscontexten) vertaald kunnen worden naar heldere, doelmatige en doeltreffende wetgeving. Tot die tijd moeten ondernemers voor kantoren echter zelf een afweging maken tussen eenmalige en herbruikbare bekertjes. Dat geldt ook voor uitzonderingsgevallen zijn en andere ondernemers die te maken hebben met andere gebruikscontexten. Voor ondernemers die zo'n afweging maken, is het aan te raden om eigen praktijkdata en context mee te nemen in die afweging. Om de kwaliteit van analyses te bewaken, is het zinvol als wordt gewerkt volgens een transparante en navolgbare onderzoeksmethode.

4.

Conclusie en *blik* *vooruit*



WAT LEES JE IN DIT HOOFDSTUK?

In dit hoofdstuk lees je de belangrijkste conclusies van dit onderzoek naar de milieueffecten van drinkbekers voor eenmalig gebruik en herbruikbare bekens in een kantooromgeving. Het hoofdstuk brengt de resultaten uit eerdere hoofdstukken samen, beantwoordt de onderzoeksvraag en bevat aanbevelingen voor de toekomst.

Uit zowel de literatuurstudie als de resultaten van dit onderzoek blijkt dat eenmalige papieren bekens in een kantooromgeving over het algemeen meer negatieve milieueffecten veroorzaken herbruikbare. Dit geldt voor meerdere effecten, zoals effecten op de opwarming van de aarde, watergebruik, landgebruik en menselijke gezondheid. Een belangrijke reden

hiervoor is dat herbruikbare bekens vaak worden gebruikt, waardoor de negatieve milieueffecten van de productie over veel consumpties wordt verdeeld. Efficiënt wassen en voldoende hergebruik zijn ook nodig om deze voordelen te behalen. De resultaten laten daarnaast zien dat verschillen in milieueffecten tussen herbruikbare bekens vooral samenhangen met het materiaal, het gewicht van de beker en de manier van wassen en transport. Alle uitkomsten zijn afhankelijk van de gebruikssituatie en keuzes in dit onderzoek. Voor andere situaties dan kantoren, zoals evenementen, kunnen de resultaten anders zijn.

De aanbevelingen in dit hoofdstuk geven aan hoe ondernemers en beleidsmakers de conclusies uit dit onderzoek zouden moeten gebruiken.



4.2 Beantwoording onderzoeksvraag

De centrale onderzoeksvraag luidt:

Wat is, onder vergelijkbare gebruiksomstandigheden, de milieu-impact van eenmalige papieren bekers met een kunststof coating ten opzichte van drie soorten herbruikbare bekers?

Op basis van de literatuurstudie en de resultaten van de LCA concluderen wij het volgende:

- In de onderzochte kantoorsetting hebben herbruikbare bekers een lagere milieu-impact dan papieren bekers voor eenmalig gebruik. Dit geldt voor de indicatoren die in hoofdstuk 3 centraal staan (klimaatverandering, watergebruik, landgebruik en totale impact op menselijke gezondheid) en sluit aan bij de algemene strekking van de meeste studies uit hoofdstuk 2, waarin hergebruik bij voldoende gebruikscycli en een passend wasproces doorgaans tot lagere impact per consumptie leidt.
- De belangrijkste verklaring is dat herbruikbare bekers de productiefase “uitsmeren” over veel consumpties. Voor bekers voor eenmalig gebruik wordt voor iedere consumptie een nieuwe beker geproduceerd en afgedankt. In de kantoorsetting leidt dit tot een zeer hoog jaarlijks volume aan bekers en daarmee tot een hoge cumulatieve impact in productie, distributie en afdanking.

- Binnen de herbruikbare varianten zijn verschillen te verklaren door de combinatie van materiaal/gewicht en het was- en logistieke proces. Een systeem met extern wassen kent extra transport en industriële reiniging; systemen met wassen op kantoor kennen impact door het vaatwasproces, maar zonder retourlogistiek.
- De uitkomsten zijn contextgebonden. De resultaten zijn geldig binnen de gekozen functionele eenheid, systeemgrenzen en datapunten van dit onderzoek. Zoals ook uit de literatuur blijkt, kunnen andere contexten (bijvoorbeeld horeca of evenementen), andere gebruikspatronen, andere wasmethoden of afwijkende bekerkenmerken tot andere uitkomsten leiden. Dit onderstreept het belang van transparantie en het expliciet maken van aannames bij interpretatie.



4.3 Blik vooruit

Dit onderzoek laat zien dat het mogelijk is om met een transparante LCA inzicht te geven in de milieu-impact van producten die in het publieke debat en beleid een rol spelen. Dat is relevant voor zowel ondernemers als beleidsmakers:

- Voor ondernemers helpt het om keuzes in productontwerp en gebruikssystemen te onderbouwen (bijvoorbeeld inzet van herbruikbaar, inrichting van inzameling en waslogistiek, en reductie van verlies).
- Voor beleidsmakers ondersteunt het bij het duiden van effecten van maatregelen en bij het stimuleren van alternatieven met lagere milieu-impact, in lijn met afvalpreventie.

Door de noodzaak tot afbakening is in dit onderzoek gekozen voor vier basis-scenario's die samen representatief zijn voor bekeergebruik in Nederlandse kantoorsettingen. Het onderliggende model is echter breder toepasbaar: het is mogelijk om andere contexten (bijvoorbeeld kantoren met een ander bekersisteem, andere volumes, andere was- of inzamelsystemen) en onderbouwde alternatieve datapunten door te rekenen binnen dezelfde systematiek. Wij nodigen partijen uit om, wanneer zij beschikken over onderbouwde gegevens of een scenario kennen dat wezenlijk afwijkt van de in dit rapport beschreven situatie, dit te delen met de onderzoekers. Denk hierbij bijvoorbeeld aan afwijkende bekeergewichten, aantoonbaar andere wasprestaties, andere logistieke afstanden of andere afdankroutes. Op basis daarvan kan het model worden gebruikt om aanvullende berekeningen uit te voeren en de robuustheid van conclusies voor andere situaties te toetsen.

Op basis van de resultaten in deze kantoorsetting formuleren wij de volgende adviezen:

- Aan ondernemers: kies waar mogelijk voor herbruikbare bekersisteemen en richt het systeem zodanig in dat bekers daadwerkelijk vaak worden hergebruikt (beperkt verlies, efficiënt wassen, passende logistiek). Dit is in de onderzochte kantoorsetting de meest consistente route naar een lagere milieu-impact per consumptie.
- Aan beleidsmakers: zet de ingezette lijn voort om alternatieven met een lagere milieu-impact te normeren. Besteed daarbij aandacht aan randvoorwaarden die hergebruik in de praktijk laten werken (infrastructuur, uitvoerbaarheid, voorspelbaarheid en ruimte voor transparante onderbouwing van aannames), en maak bij normstelling expliciet op welke aannames en gebruiksscenario's deze is gebaseerd. Daarbij kan het helpen om het gesprek over "wat werkt" te voeren op basis van expliciete scenario's en datapunten, in plaats van generieke uitspraken los van context. Dit kan de uitvoerbaarheid vergroten. Voor gebruikscontexten die binnen de afbakening van deze studie vallen, of hier voldoende mee vergelijkbaar zijn, biedt dit onderzoek een toereikende basis voor beleidsvorming. Het uitvoeren van aanvullend onderzoek is in die gevallen niet nodig. Aanvullend onderzoek is wel relevant wanneer sprake is van wezenlijk afwijkende gebruikscontexten of systeeminstellingen die niet in dit onderzoek zijn meegenomen.



Bronvermelding

- Berg, M. van den & Ten Klooster, R. (2025). Steps Towards a Template for Fair Comparisons Between Single-Use and Reusable Items. Packaging Technology and Science (early view), [link](#)
- CE Delft (2020). Impact wegwerpproducten en hun alternatieven. CE Delft, Delft, [link](#)
- CE Delft (2021). Verbod op gratis eenmalige bекers. CE Delft, Delft. Rapport over effecten van beprijzen of verbieden van gratis wegwerp; [link](#)
- CE Delft (2023). LCA voor beleidsmakers met casestudie over bекers. CE Delft, Delft, [link](#)
- CIRAIG (z.j.). LCA of Reusable and Single-Use Coffee Cups. International Reference Centre for the Life Cycle of Products, Processes and Services (CIRAIG), Montréal, [link](#)
- EU Joint Research Centre (2024). Exploring the Environmental Performance of Alternative Food Packaging Products in the EU. Publications Office of the European Union, Luxemburg, [link](#)
- Eurostat (2025). International trade of EU and non-EU countries since 2002 by HS2-4-6 [ds-059341\$defaultview], [link](#) (gedownload op 14 november 2025)
- Kennisinstituut Duurzaam Verpakken (KIDV) (2021). Onderzoek koffiebekers: inzamelen, sorteren en recycelen. KIDV, Den Haag, [link](#)
- Martin, et al. (2018). Case Study Ceramic Cup vs Paper Cup. LCA-studie, Open LCA, Berlin, [link](#)
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2023). Kamerbrief met toelichting op kunststof bекers en bakjes voor eenmalig gebruik, [link](#)
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2024). Kamerbrief evaluatie en moties regeling kunststofproducten voor eenmalig gebruik. Tweede Kamer der Staten-Generaal, [link](#)
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2025). Kamerbrief met reactie op moties over wijziging regelgeving voor plastic wegwerpbekers en wegwerpbakjes. Tweede Kamer der Staten-Generaal, [link](#)
- Partners for Innovation (2020). Koffiebekerrecycling. Studie in opdracht van o.a. NRK/branche; [link](#)
- Pro Food Italia (2015). LCA Study of Tableware for Alimentary Use. Pro Food Italia, Italië, [link](#)
- Ramboll (2020). Comparative Life-Cycle Assessment (LCA) of Single-Use and Multiple-Use Dishes Systems for Quick Service Restaurants (QSR) in Europe. Ramboll voor European Paper Packaging Alliance (EPPA), [link](#)
- The LCA Centre (2020). A Study of the Waste Free Cup Systems at Events. The LCA Centre, Gouda, [link](#)
- TNO (2007). Eenmalige bекers dan wel meermalige (koffie) drinksystemen. TNO rapport 2006-A-R0246, Delft, [link](#)
- UNEP (2021). Single-use Beverage Cups and Their Alternatives: Recommendations from Life Cycle Assessments. United Nations Environment Programme. [link](#)
- VTT Technical Research Centre of Finland (2009). LCA of Beverage Cups with Special Focus on End-of-Life Scenarios. LCA symposium, pagina 40-54, [link](#)
- Wang, Y. (2025). Cradle-to-Grave Life Cycle Assessment of Single-Use Disposable and Reusable Cups. World Journal of Advanced Research and Reviews, 18(3), [link](#)

Bijlage A: Toelichting op het ReCiPe model

Voor het bepalen van de milieu-impact in deze studie maken wij gebruik van het ReCiPe-model (ReCiPe 2016). ReCiPe is een internationaal veelgebruikte methode voor de Life Cycle Impact Assessment (LCIA), het onderdeel van een levenscyclusanalyse (LCA) waarin emissies en grondstofgebruik uit de levenscyclusinventaris worden omgerekend naar milieu-impact.

ReCiPe vertaalt emissies naar lucht, water en bodem, evenals het gebruik van natuurlijke hulpbronnen, naar een beperkt aantal milieu-impactcategorieën met behulp van zogenoemde karakterisatiefactoren. Deze factoren drukken uit hoe sterk een stof of activiteit bijdraagt aan een specifiek milieueffect.

Binnen ReCiPe worden twee niveaus van impact onderscheiden:

- *Midpoint* indicatoren: deze richten zich op afzonderlijke milieuproblemen, zoals klimaatverandering, verzuring of toxiciteit. ReCiPe 2016 onderscheidt 17 *midpoint* impactcategorieën.
- *Endpoint* indicatoren: deze brengen de effecten van meerdere *midpoint* indicatoren samen tot drie overkoepelende schadecategorieën:
 - schade aan de menselijke gezondheid,
 - schade aan ecosystemen (biodiversiteit),
 - schade door schaarste aan natuurlijke hulpbronnen.

Het omrekenen van *midpoint* naar *endpoint* indicatoren vergemakkelijkt de interpretatie van resultaten, omdat de effecten op een hoger aggregatieniveau zichtbaar worden. Tegelijkertijd neemt bij elke aggregatiestap de onzekerheid toe. Om die reden rapporteren wij in dit onderzoek zowel *midpoint* als *endpoint* resultaten, in lijn met gangbare aanbevelingen uit de literatuur (o.a. Huijbregts et al., 2017; RIVM). De milieu-impactdata in deze studie zijn gebaseerd op ReCiPe 2016 v1.03 (*midpoint* en *endpoint*, hiërarchisch perspectief) en zijn afkomstig uit de Ecoinvent-database (v3.12, *cut-off*). Onderstaande twee tabellen geven een toelichting per *midpoint* en *endpoint* indicator.

MIDPOINT INDICATOR	TOELICHTING
Climate change	Bijdrage aan klimaatverandering door uitstoot van broeikasgassen, uitgedrukt in CO ₂ -equivalenten.
Ozone depletion	Aantasting van de ozonlaag door emissies van ozonafbrekende stoffen.
Ionising radiation	Blootstelling van mens en milieu aan ioniserende straling.
Particulate matter formation	Vorming van fijnstof (PM), met effecten op luchtkwaliteit en gezondheid.
Photochemical oxidant formation – human health	Vorming van ozon en andere oxidanten die schadelijk zijn voor de menselijke gezondheid.
Photochemical oxidant formation – terrestrial ecosystems	Effecten van oxidanten (zoals ozon) op terrestrische ecosystemen.
Terrestrial acidification	Verzuring van bodem en terrestrische ecosystemen door emissies van zure stoffen (zoals NO _x en SO ₂).
Eutrophication – freshwater	Verrijking van zoetwater met nutriënten, leidend tot algengroei en zuurstoftekort.
Eutrophication – marine	Verrijking van mariene ecosystemen met nutriënten, met vergelijkbare effecten als in zoetwater.
Human toxicity – carcinogenic	Potentiële gezondheidsschade door kankerverwekkende stoffen.

Human toxicity – non-carcinogenic	Gezondheidsschade door toxische stoffen die geen kanker veroorzaken.
Ecotoxicity – terrestrial	Schadelijke effecten van toxische stoffen op terrestrische organismen.
Ecotoxicity – freshwater	Schadelijke effecten van toxische stoffen op zoetwaterecosystemen.
Ecotoxicity – marine	Schadelijke effecten van toxische stoffen op mariene ecosystemen.
Land use	Effecten van landgebruik en landgebruiksverandering op ecosysteemkwaliteit.
Water use	Verbruik van zoetwater, rekening houdend met regionale waterschaarste.
Energy resources – non-renewable, fossil	Gebruik en uitputting van fossiele energiebronnen.
Material resources – metals/minerals	Gebruik en schaarste van metalen en minerale grondstoffen.

ENDPOINT INDICATOR	TOELICHTING
Total: human health	Gecombineerde schade aan de menselijke gezondheid, onder meer door klimaatverandering, toxiciteit, fijnstof en straling (uitgedrukt in DALY, wat staat voor ‘disability adjusted life years’).
Total: ecosystem quality	Gecombineerde schade aan ecosystemen en biodiversiteit, door landgebruik, ecotoxiciteit, verzuring en eutrofiëring.
Total: natural resources	Schade door uitputting van fossiele en minerale hulpbronnen, weergegeven als extra inspanning voor toekomstige winning.

Bronnen

- Huijbregts et al. (2017). ReCiPe 2016: A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level.
- RIVM – ReCiPe documentation.
- TU Delft – Toelichting ReCiPe-methode.
- Ecoinvent v3.12 documentation

Bijlage B:

Technische levensduur herbruikbare bekens

Voor het modelleren van herbruikbare glazen en keramische bekens is het noodzakelijk om een aanname te doen over de technische levensduur, uitgedrukt in het aantal wasbeurten dat een beker gemiddeld meegaat voordat deze wordt afgedankt door slijtage of beschadiging. In de literatuur bestaat hierover geen eenduidige norm, maar wel een bandbreedte aan indicaties.

Verschillende bronnen hanteren levensduren in dezelfde orde van grootte. Zo geeft Pro Food Italia (2015) aan dat glazen en keramische bekens minimaal 1.000 wasbeurten kunnen doorstaan. Ook in internationale literatuur worden vergelijkbare waarden genoemd. UNEP (2021) vat meerdere studies samen, waaronder een studie van VTT, waarin voor keramische bekens eveneens 1.000 gebruikscycli worden aangehouden en een studie van Woods & Bakshi dat stelt dat keramisch servies minimaal 500 wasbeurten meegaat, zonder daarbij een bovengrens te definiëren.

Voor glazen bekens worden vergelijkbare levensduren genoemd. Wang (2025) beschrijft een gebruiksscenario waarin een glazen beker gedurende één jaar wordt gebruikt voor 5 consumpties per dag, wat neerkomt op 1.825 consumpties. Dit scenario impliceert dat glazen bekens bij normaal gebruik meerdere honderden tot ruim duizend wasbeurten kunnen doorstaan. Martin et al. (2018) hanteren voor keramische bekens een minimale levensduur van 750 wasbeurten, waarbij zij expliciet aangeven dat dit een ondergrens betreft. Ze geven geen inzicht in de maximale levensduur.

Wanneer deze bronnen gezamenlijk worden beschouwd, ontstaat een bandbreedte van grofweg 750 tot 1.500 wasbeurten voor glazen en keramische bekens. Het gemiddelde van de in de literatuur genoemde waarden ligt rond de 1.000 wasbeurten. In deze studie wordt een referentiewaarde van 1.000 wasbeurten als representatieve levensduur voor zowel glazen als keramische bekens gehanteerd. Daarnaast gebruiken wij 750 wasbeurten als conservatieve ondergrens (worst case) om rekening te houden met variatie in gebruik en wasintensiteit.

Bijlage C:

Data met betrekking tot wassen van herbruikbare bekere

Er zijn verschillende bronnen die inzicht geven in het elektriciteits-, water- en wasmiddelgebruik bij het wassen van bekere. TNO (2007) gebruikt data van een reguliere vaatwasser uit de jaren '90 en specificeert niet hoe 'vol beladen' deze is. CE Delft (2020) gebruikt data van een vaatwasser met A+++ label die 0,84 kWh elektriciteit en 9,3 liter water gebruikt per wasbeurt. Op basis van gegevens van de Consumentenbond stelt CE Delft dat er 13 couverts in een vaatwasser passen, wat omrekenet naar 91 bekere (of borden). Gemiddeld stellen zij dat één beker dus 1,1% van de ruimte in de vaatwasser inneemt. Omdat CE Delft uitgaat van een efficiënte vaatwasser die volledig volgepakt is, hebben we op basis van openbare bronnen een reconstructie gemaakt voor twee typen vaatwassers die efficiënt zijn ingeladen. Op basis van publiek beschikbare data hebben we het elektriciteits-, water- en wasmiddelgebruik berekend voor een minder efficiënte vaatwasser (met gemiddeld 1,5 kWh elektriciteit, 14 liter water en 15 gram wasmiddel per wasbeurt) en een efficiënte vaatwasser (met gemiddeld 0,8 kWh elektriciteit, 10 liter water en 12 gram wasmiddel per wasbeurt). Onderstaande tabel toont de informatie per bron en de bandbreedte en de data die is gebruikt in deze studie.

BRON	TOELICHTING	ELEKTRICITEIT (KWH / ITEM)	WATER (L / ITEM)	WASMIDDEL (G / ITEM)
CE Delft (2020)	Vaatwasser met label A+++ gevuld met 90 borden/bekere	0,009	0,10	onbekend
TNO (2007)	Reguliere vaatwasser uit de jaren '90	0,010	0,31	0,41
Reconstructie Rebel (2025)	Vaatwasser met 60 bekere (minder efficiënt)	0,025	0,23	0,25
	Vaatwasser met 60 bekere (efficiënt)	0,013	0,17	0,20
Onderkant bandbreedte		0,009	0,10	0,20
Bovenkant bandbreedte		0,025	0,31	0,41
Gemiddelde gebruikt in LCA		0,014	0,20	0,29

Er is ook verschillende data beschikbaar over het elektriciteits-, water- en wasmiddelgebruik van een industriële of professionele vaatwasser. Onderstaande tabel toont de informatie per bron en de bandbreedte en de data die is gebruikt in deze studie. Omdat de vaatwassers uit de Ramboll studie in restaurants staan, is gekozen deze te rekenen als 'professioneel'. De data van de Rebel is afkomstig van twee leveranciers van PP-bekere die de bekere ook wassen. Deze (primaire) gegevens zijn afkomstig uit eerdere projecten van Rebel (in 2024).

¹⁶ Het gebruik per wasbeurt voor een efficiënte en minder efficiënte vaatwasser is afkomstig van [EnergieVergelijk.nl](https://www.energievergelijk.nl) en [NextEnergy.nl](https://www.nextenergy.nl). Het gewicht van wasmiddel is gebaseerd op vaatwasopds in Nederland.

BRON	TOELICHTING	ELEKTRICITEIT (KWH / ITEM)	WATER (L / ITEM)	WASMIDDEL (G / ITEM)
TNO (2007)	Professionele vaatwasser	0,015	0,13	onbekend
Ramboll (2020)	“undercounter dishwasher uit 2011”	0,043	0,80	0,80
	“undercounter dishwasher uit 2020”	0,027	0,23	0,20
	“hood-type dishwasher uit 2011”	0,024	0,16	0,50
	“hood-type dishwasher uit 2017”	0,014	0,08	0,17
Rebel (2024)	PP-beker leverancier 1 (Nederland)	0,013	0,06	0,40
	PP-beker leverancier 2 (Europa)	0,009	0,04	0,19
JRC	Bekerwasbedrijf	0,004	0,09	0,08
Onderkant bandbreedte		0,004	0,06	0,08
Bovenkant bandbreedte		0,027	0,23	0,80
Gemiddelde gebruikt in LCA		0,016	0,12	0,29

¹⁷ Omdat de undercounter dishwasher uit 2011 van Ramboll op alle datapunten een (enorme) outlier is, is gekozen deze uit te sluiten van de bovenkant van de bandbreedte en het gemiddelde.

Bijlage D: Ecoinvent datasets

Onderstaande tabel toont per variabele de gebruikte dataset uit Ecoinvent, één van de grootste databases voor LCA-data. De gebruikte database ‘*allocation, cut-off by classification*’ versie 3.12, die dateert van 5 November 2025.

VARIABLE NAME	ACTIVITY NAME	REFERENCE PRODUCT NAME	GEOGRAPHY	REFERENCE UNIT
Impact of Paper board	market for solid bleached and unbleached board carton	solid bleached and unbleached board carton	RER	kg
Impact of LDPE	market for polyethylene, low density, granulate	polyethylene, low density, granulate	RER	kg
Impact of PP	market for polypropylene, granulate	polypropylene, granulate	RER	kg
Impact of Ceramics	market for sanitary ceramics	sanitary ceramics	GLO	kg
Impact of Glass	market for packaging glass, white	packaging glass, white	GLO	kg
Impact of cardboard production process	market for carton board box production, with offset printing	carton board box production, with offset printing	GLO	kg
Impact of injection moulding	market for injection moulding	injection moulding	GLO	kg
Impact of extrusion, plastic film	market for extrusion, plastic film	extrusion, plastic film	GLO	kg
Impact of thermoforming plastic sheets	market for thermoforming of plastic sheets	thermoforming of plastic sheets	GLO	kg
Impact of plastic foil	market for packaging film, low density polyethylene	packaging film, low density polyethylene	GLO	kg
Impact of carton box	market for carton board box production, with offset printing	carton board box production, with offset printing	GLO	kg
Impact of bubble wrap	market for packaging film, low density polyethylene	packaging film, low density polyethylene	GLO	kg

Ship - overall average	market for transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil	transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil	GLO	metric ton*km
Truck - size 16-32 ton, Euro6	market for transport, freight, lorry, 16-32 metric ton, diesel, EURO 6	transport, freight, lorry, 16-32 metric ton, diesel, EURO 6	RER	metric ton*km
Tap water	market for tap water	tap water	Europe without Switzerland	kg
Detergent	market for alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical	alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical	GLO	kg
Electricity, low voltage, RER	market group for electricity, low voltage	electricity, low voltage	RER	kWh
Impact of incineration - Paper / cardboard	treatment of waste paperboard, municipal incineration FAE	waste paperboard	CH	kg
Impact of incineration - Plastic, PE	treatment of waste polyethylene, municipal incineration FAE	waste polyethylene	CH	kg
Impact of incineration - Plastic, PP	treatment of waste polypropylene, municipal incineration FAE	waste polypropylene	CH	kg
Impact of incineration - Ceramic waste	treatment of waste cement-fibre slab, dismantled, municipal incineration FAE	waste cement-fibre slab, dismantled	CH	kg
Impact of incineration - Glass	treatment of waste glass, municipal incineration FAE	waste glass	CH	kg
Impact of recycling - Paper / cardboard	treatment of waste paper, unsorted, sorting	waste paper, sorted	Europe without Switzerland	kg
Impact of recycling - Plastic, PP	market for waste polypropylene, for recycling, unsorted	waste polypropylene, for recycling, unsorted	RER	kg
Impact of recycling - Glass	treatment of waste glass from unsorted public collection, sorting	glass cullet, sorted	RER	kg

Impact of prevented virgin material for paper recycling	market for sulfate pulp, unbleached	sulfate pulp, unbleached	RER	kg
Impact of prevented virgin material for PP recycling	market for polypropylene, granulate	polypropylene, granulate	RER	kg
Renewable energy that is recovered in incineration	heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014	electricity, high voltage	NL	kWh
Renewable energy that is recovered in incineration	heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014	heat, district or industrial, other than natural gas	NL	MJ
Fossil energy that is recovered in incineration	heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical	electricity, high voltage	NL	kWh
Fossil energy that is recovered in incineration	heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW	heat, district or industrial, natural gas	Europe without Switzerland	MJ

Bijlage E: Aanvullende resultaten milieu-impact analyse

Deze bijlage bevat de resultaten van de analyses in paragraaf 3.4 voor alle 21 ReCiPe impact indicatoren. De indicatoren zijn in twee tabellen opgesplitst, op basis van *midpoint* en *endpoint* indicatoren. Daarnaast zijn de indicatoren gesorteerd op alfabetische volgorde. Ook de resultaten voor de indicatoren die in paragraaf 3.4 staan, zijn voor de volledigheid hier opnieuw weergegeven.

Resultaten: ReCiPe *midpoint* indicatoren

MIDPOINT INDICATOR & EENHEID	KETENSTAP	EENMALIG – PAPIER	HERBRUIKBAAR – PP	HERBRUIKBAAR – KERAMIEK	HERBRUIKBAAR – GLAS
Acidification: terrestrial impact in kg SO ₂ -Eq					
	Productie	3,02E+00	2,01E-01	9,64E-02	1,35E-01
	Distributie	3,20E-01	8,08E-03	4,59E-02	7,04E-03
	Gebruik	-	1,96E+00	1,66E+00	1,66E+00
	Afdanking	-5,14E-01	-6,29E-02	1,18E-03	1,49E-03
	Totaal	2,83E+00	2,11E+00	1,80E+00	1,80E+00
Climate change impact in kg CO ₂ -Eq					
	Productie	8,90E+02	9,34E+01	4,62E+01	2,51E+01
	Distributie	2,12E+02	5,37E+00	5,03E+00	4,68E+00
	Gebruik	-	5,33E+02	4,31E+02	4,31E+02
	Afdanking	7,98E+01	-3,23E+01	5,94E-01	7,05E-01
	Totaal	1,18E+03	5,99E+02	4,83E+02	4,61E+02
Ecotoxicity: freshwater impact in kg 1,4-DCB-Eq					
	Productie	4,40E+01	2,92E+00	2,06E+00	8,92E-01
	Distributie	5,92E+00	1,50E-01	7,82E-02	1,30E-01
	Gebruik	-	6,88E+01	5,93E+01	5,93E+01
	Afdanking	1,44E+01	-8,04E-01	3,31E-01	7,77E-02
	Totaal	6,43E+01	7,11E+01	6,17E+01	6,04E+01
Ecotoxicity: marine impact in kg 1,4-DCB-Eq					
	Productie	5,81E+01	3,89E+00	2,69E+00	1,18E+00
	Distributie	9,25E+00	2,34E-01	1,10E-01	2,04E-01
	Gebruik	-	8,71E+01	7,48E+01	7,48E+01
	Afdanking	1,94E+01	-1,02E+00	4,64E-01	1,05E-01
	Totaal	8,67E+01	9,02E+01	7,80E+01	7,63E+01

MIDPOINT INDICATOR & EENHEID	KETENSTAP	EENMALIG – PAPIER	HERBRUIKBAAR – PP	HERBRUIKBAAR – KERAMIEK	HERBRUIKBAAR – GLAS
Ecotoxicity: terrestrial impact in kg 1,4-DCB-Eq					
	Productie	3,02E+03	1,23E+02	7,95E+01	6,46E+01
	Distributie	2,84E+03	7,17E+01	1,54E+01	6,25E+01
	Gebruik	-	1,79E+03	1,20E+03	1,20E+03
	Afdanking	-1,79E+02	-2,18E+01	5,63E+00	6,47E+00
	Totaal	5,67E+03	1,97E+03	1,30E+03	1,33E+03
Energy resources: non-renewable, fossil impact in kg oil-Eq					
	Productie	3,12E+02	5,20E+01	1,44E+01	7,03E+00
	Distributie	6,56E+01	1,66E+00	1,39E+00	1,44E+00
	Gebruik	-	1,44E+02	1,15E+02	1,15E+02
	Afdanking	-1,94E+01	-2,60E+01	1,82E-01	2,59E-01
	Totaal	3,58E+02	1,72E+02	1,31E+02	1,24E+02
Eutrophication: freshwater impact in kg P-Eq					
	Productie	3,26E-01	2,27E-02	1,00E-02	3,91E-03
	Distributie	2,27E-02	5,74E-04	2,27E-04	5,00E-04
	Gebruik	-	4,81E-01	4,16E-01	4,16E-01
	Afdanking	-7,32E-03	-5,63E-03	1,51E-04	8,64E-05
	Totaal	3,42E-01	4,98E-01	4,26E-01	4,20E-01
Eutrophication: marine impact in kg N-Eq					
	Productie	1,08E-01	4,41E-03	1,89E-03	9,27E-04
	Distributie	3,81E-03	9,62E-05	6,96E-05	8,38E-05
	Gebruik	-	3,74E-02	3,20E-02	3,20E-02
	Afdanking	3,70E-03	-1,74E-03	4,00E-05	1,64E-05
	Totaal	1,15E-01	4,02E-02	3,40E-02	3,31E-02
Human toxicity: carcinogenic impact in kg 1,4-DCB-Eq					
	Productie	8,18E+01	6,17E+00	3,08E+00	1,36E+00
	Distributie	1,34E+01	3,40E-01	2,62E-01	2,96E-01
	Gebruik	-	4,73E+01	3,92E+01	3,92E+01
	Afdanking	4,49E+00	-2,02E+00	1,29E-01	4,24E-01
	Totaal	9,97E+01	5,18E+01	4,26E+01	4,12E+01

MIDPOINT INDICATOR & EENHEID	KETENSTAP	EENMALIG - PAPIER	HERBRUIKBAAR - PP	HERBRUIKBAAR - KERAMIEK	HERBRUIKBAAR - GLAS
Human toxicity: non-carcinogenic impact in kg 1,4-DCB-Eq					
	Productie	1,11E+03	7,56E+01	4,81E+01	2,18E+01
	Distributie	1,97E+02	4,99E+00	1,90E+00	4,34E+00
	Gebruik	-	1,08E+03	9,15E+02	9,15E+02
	Afdanking	1,72E+02	-2,08E+01	1,64E+01	1,82E+00
	Totaal	1,48E+03	1,14E+03	9,81E+02	9,43E+02
Ionising radiation impact in kBq Co-60-Eq					
	Productie	2,43E+02	7,05E+00	2,05E+00	8,34E-01
	Distributie	1,89E+00	4,79E-02	2,40E-02	4,17E-02
	Gebruik	-	2,46E+02	2,15E+02	2,15E+02
	Afdanking	-2,70E+00	-1,93E+00	8,74E-03	1,30E-02
	Totaal	2,43E+02	2,51E+02	2,17E+02	2,15E+02
Land use impact in m ² *a crop-Eq					
	Productie	1,51E+03	2,49E+00	1,09E+00	1,77E+00
	Distributie	7,82E+00	1,98E-01	3,04E-02	1,72E-01
	Gebruik	-	1,66E+01	1,34E+01	1,34E+01
	Afdanking	-2,64E+02	-3,46E-01	3,56E-02	6,83E-02
	Totaal	1,26E+03	1,89E+01	1,46E+01	1,54E+01
Material resources: metals/minerals impact in kg Cu-Eq					
	Productie	2,16E+01	1,46E+00	8,16E-01	6,41E-01
	Distributie	6,48E+00	1,64E-01	1,25E-01	1,43E-01
	Gebruik	-	8,14E+00	5,93E+00	5,93E+00
	Afdanking	1,99E-02	-6,64E-01	4,17E-02	4,45E-02
	Totaal	2,81E+01	9,09E+00	6,92E+00	6,76E+00
Ozone depletion impact in kg CFC-11-Eq					
	Productie	4,59E-04	2,20E-05	1,29E-05	6,12E-06
	Distributie	9,40E-05	2,38E-06	2,41E-06	2,07E-06
	Gebruik	-	2,39E-04	1,94E-04	1,94E-04
	Afdanking	1,18E-04	-6,41E-06	1,58E-06	2,61E-07
	Totaal	6,71E-04	2,57E-04	2,11E-04	2,02E-04

MIDPOINT INDICATOR & EENHEID	KETENSTAP	EENMALIG - PAPIER	HERBRUIKBAAR - PP	HERBRUIKBAAR - KERAMIEK	HERBRUIKBAAR - GLAS
Particulate matter formation impact in kg PM _{2.5} -Eq					
	Productie	1,36E+00	9,83E-02	2,58E-01	5,27E-02
	Distributie	1,65E-01	4,16E-03	2,21E-02	3,63E-03
	Gebruik	-	7,95E-01	6,69E-01	6,69E-01
	Afdanking	-1,51E-01	-2,60E-02	7,21E-04	9,09E-04
	Totaal	1,37E+00	8,72E-01	9,49E-01	7,26E-01
Photochemical oxidant formation: human health impact in kg NO _x -Eq					
	Productie	2,95E+00	2,04E-01	8,54E-02	8,59E-02
	Distributie	3,55E-01	8,97E-03	9,04E-02	7,81E-03
	Gebruik	-	9,47E-01	7,71E-01	7,71E-01
	Afdanking	-6,12E-01	-7,83E-02	1,87E-03	2,56E-03
	Totaal	2,69E+00	1,08E+00	9,49E-01	8,68E-01
Photochemical oxidant formation: terrestrial ecosystems impact in kg NO _x -Eq					
	Productie	3,15E+00	2,32E-01	8,98E-02	8,90E-02
	Distributie	3,95E-01	1,00E-02	9,17E-02	8,71E-03
	Gebruik	-	9,78E-01	7,92E-01	7,92E-01
	Afdanking	-6,24E-01	-9,28E-02	1,99E-03	2,75E-03
	Totaal	2,92E+00	1,13E+00	9,76E-01	8,93E-01
Water use impact in m ³					
	Productie	1,40E+01	5,88E-01	2,27E-01	1,15E-01
	Distributie	3,53E-01	8,94E-03	4,48E-03	7,78E-03
	Gebruik	-	6,72E+00	5,81E+00	5,81E+00
	Afdanking	6,76E-01	-1,73E-01	8,84E-03	7,33E-03
	Totaal	1,50E+01	7,14E+00	6,05E+00	5,94E+00

Resultaten: ReCiPe *endpoint* indicatoren

ENDPOINT INDICATOR & EENHEID	KETENSTAP	EENMALIG – PAPIER	HERBRUIKBAAR – PP	HERBRUIKBAAR – KERAMIEK	HERBRUIKBAAR – GLAS
Total: ecosystem quality impact in species.yr					
	Productie	1,74E-05	3,83E-07	1,84E-07	1,32E-07
	Distributie	8,40E-07	2,12E-08	3,64E-08	1,85E-08
	Gebruik	-	2,67E-06	2,20E-06	2,20E-06
	Afdanking	-2,29E-06	-1,26E-07	3,05E-09	3,55E-09
	Totaal	1,60E-05	2,95E-06	2,42E-06	2,35E-06
Total: human health impact in DALY					
	Productie	2,24E-03	1,88E-04	2,27E-04	6,62E-05
	Distributie	3,91E-04	9,89E-06	2,00E-05	8,62E-06
	Gebruik	-	1,42E-03	1,17E-03	1,17E-03
	Afdanking	3,40E-05	-5,82E-05	5,19E-06	3,07E-06
	Totaal	2,67E-03	1,55E-03	1,43E-03	1,25E-03
Total: natural resources impact in USD 2013					
	Productie	1,12E+02	2,00E+01	4,61E+00	2,66E+00
	Distributie	2,80E+01	7,07E-01	6,28E-01	6,16E-01
	Gebruik	-	3,38E+01	2,52E+01	2,52E+01
	Afdanking	-6,91E+00	-1,06E+01	8,16E-02	1,16E-01
	Totaal	1,33E+02	4,39E+01	3,05E+01	2,85E+01



Wouter de Waart

[Redacted]
Wouter.deWaart@Rebelgroup.com



Dyantha Legius

[Redacted]



Casper Rietman

[Redacted]

AEBEL

Wijnhaven 23
3011 WH ROTTERDAM
NEDERLAND

+31 10 275 59 95
info@rebelgroup.com
www.rebelgroup.com