

**Bachelorproef  
Professionele Opleidingen  
Studiegebied Gezondheidszorg**

**Academiejaar 2019-2020**

# **Circulaire Economische Strategieën als meetinstrument in een onderzoek naar duurzaamheid binnen de Vlaamse optiekwereld**

Bachelorproef aangeboden door  
**Britt Dekerf**  
tot het behalen van de graad van  
**Bachelor in de Optiek en Optometrie**

Interne begeleider: **Viviane De Vries**  
Externe begeleider: **Dr. Ir. Tom Rommens**  
Externe medebegeleider: **MSc. Ir. Robin Cappaert**  
Externe medebegeleider: **Opticien Karel Matthijs**

# **Circulaire economische strategieën als meetinstrument in een onderzoek naar duurzaamheid binnen de Vlaamse optiekwereld**

Inleiding .....	1
1 Duurzame ontwikkeling .....	2
2 Circulaire economie.....	4
3 Levenscyclusanalyse (LCA) van producten in een circulair economisch model .....	5
4 Strategieën in een circulaire economie .....	6
5 Eco-innovatie als systeemgerichte strategie in een circulaire economie.....	8
5.1 Productontwerp - Biomimetica .....	9
5.2 Productie - 3D printen .....	9
5.3 Materialengebruik – bio-gebaseerde of biodegradeerbare materialen .....	9
6 Een evaluatie-instrument voor eco-innovatie.....	12
7 Discussie .....	17
8 Besluitvorming .....	18
9 Bronvermelding .....	19

## Inleiding

Vandaag de dag is het wereldwijd beleid rond het behoud van het milieu een grote uitdaging geworden, die de klemtoon legt op het evalueren van menselijke activiteiten conform met de principes van een duurzame ontwikkeling (Smol, Kulczycka, & Avdiushchenko, 2017). Het consumptiegedrag en de levenskeuzes van mensen hebben geleid tot klimaatveranderingen, veranderingen in het ecosysteem, waterschaarste en verlies aan biodiversiteit (Byerly, et al., 2018). Zo veroorzaakt de consumptie van plastic ieder jaar voor 7 tot 8 miljoen ton non-biodegradeerbaar plastic in onze oceanen. Dit afval veroorzaakt schade door het vrij komen van koolstofdioxide, kankerverwekkende stoffen en boeikasgassen (Thakur, et al., 2018). Een ander voorbeeld is de massaproductie van materialen voor consumptie, die duizenden kilometers rond de wereld reizen alvorens deze in gebruik wordt genomen. Deze transporten veroorzaken een significante milieu-impact. In 2009 zorgde vrachttransport voor 45% van de totale transportenergievraag (Juraschek, Becker, Thiede, Kara, & Herrmann, 2019).

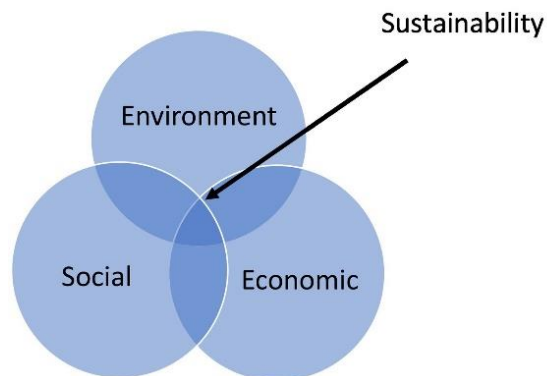
De milieu-impact van consumptiegedrag wordt in de optiekwereld in vraag gesteld voor het consumeren van contactlenzen (Park, et al., 2018). Deze markt kent een grote toename van contactlenzen bestaande uit het materiaal silicone hydrogel (Musgrave & Fang, 2019). De zorg gaat toe naar het gedrag van mensen met betrekking tot het weggooien van deze en andere contactlenzen. Uit een Amerikaans onderzoek dat werd uitgevoerd onder leiding van de *Arizona State University* bleek dat 20 % van de consumenten hun contactlens wegspoelde door het sanitair (Halden, Rolsky, & Kelkar, 2018). Uit een Koreaans onderzoek betreft dit 16,8 % (Park, et al., 2018). Het wegspoelen van contactlenzen door het sanitair heeft verontrustende gevolgen voor het milieu, omdat contactlenzen zich ontbinden in microplastics die slechts gedeeltelijk worden tegengehouden door waterzuiveringssystemen (Halden, Rolsky, & Kelkar, 2018).

De bedenking kan gemaakt worden dat in een wereld waar de bevolkingspopulatie steeds maar groeit, veranderingen moeten komen in de manier waarop mensen handelen met betrekking tot het milieu (Byerly, et al., 2018). Een fundamentele verandering in denkpatronen van mensen moet teweeg gebracht worden, opdat een ontkoppeling kan plaats vinden tussen economische groei en het blijven promoten van overconsumptie (Hugé, 2015). De markt die gericht is op het verkopen van medische hulpmiddelen als brilglazen op sterkte en zonnebrillen, is ook een markt die gekenmerkt is door een snelle fashion. Op die manier vindt er overconsumptie door consumenten plaats en is er een groeiende afvalberg in de optiekwereld van onverkochte, intacte monturen (Juraschek, Becker, Thiede, Kara, & Herrmann, 2019). Een onderzoekscontext voor duurzaamheid kan bijdragen aan de inzichten die nodig zijn om te evolueren naar een duurzame wereld (Hugé, 2015). In deze paper wordt opzoek gegaan naar hoe een onderzoekscontext voor duurzaamheid kan opgesteld, gehanteerd en geëvalueerd worden binnen de Vlaamse optiekwereld. Allereerst volgt een benadering van het concept duurzame ontwikkeling en welke rol circulaire economie (Hierna 'CE') hierin kan spelen. Daarna wordt overlopen welke definitie een CE kent en hoe *Life Cycle Assessment* een rol speelt in de benadering van CE. Vervolgens welke strategieën een CE kent en welke kunnen bijdrage aan het meten van CE. Een klemtoon wordt gelegd op het evalueren van eco-innovatie als bijdrage aan een CE. Een meetinstrument wordt hierbij besproken dat bruikbaar is binnen de Vlaamse optiekwereld. Tot slot worden bedenkingen en een besluit geformuleerd over de besproken bevindingen in de academische literatuur en de toepasbaarheid van een onderzoekscontext voor duurzaamheid binnen de Vlaamse optiekwereld.

## 1 Duurzame ontwikkeling

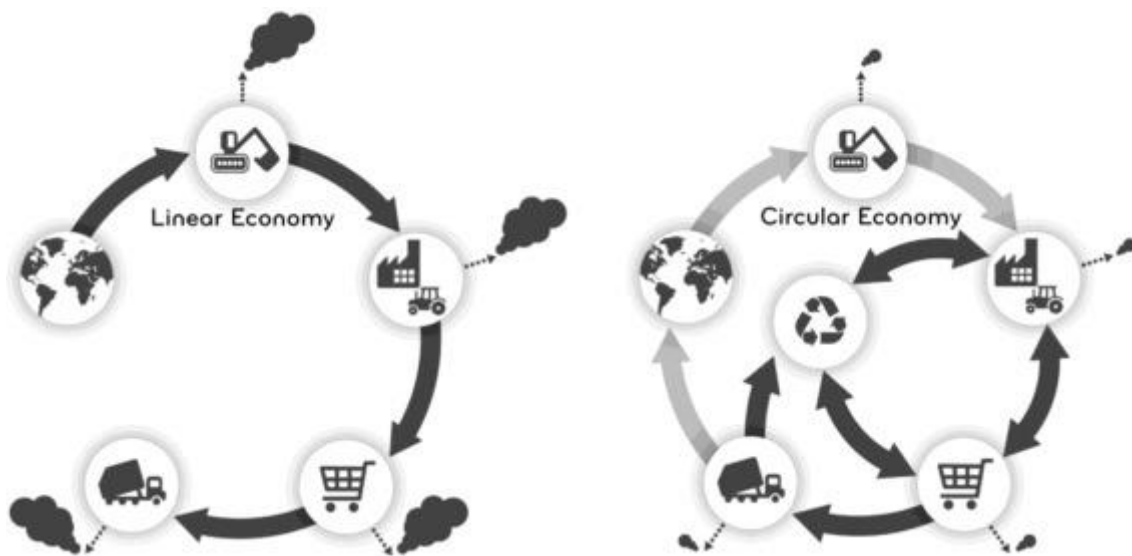
Duurzaamheid en duurzame ontwikkeling krijgen de laatste jaren steeds meer aandacht. Wereldwijd presenteert duurzaamheid zich als een concept dat als doelstelling heeft de huidige ecologische, economische en sociale crisis aan te pakken (Hugé, 2015). In de Vlaamse optiekwereld doet duurzame ontwikkeling zijn intrede in de vorm van ecologische initiatieven van merken, gericht op het verkleinen van hun ecologische voetafdruk. Voorbeelden van merken die duurzaamheid implementeren in hun aanpak, richtten zich o.a. tot monturen die uit gerecycleerd en/of recyclebaar materiaal geproduceerd zijn (Flanders DC en Vlaanderen Circulair, 2020) (Eco Eyewear, 2020) (REIZ GERMANY, 2020). In Vlaanderen krijgt duurzame ontwikkeling een groeiende belangstelling in de academische wereld en bij de overheid, die onderzoek rond duurzaamheid organiseren. De Vlaamse overheid spreekt in zijn adviesnota 'Duurzaamheid in onderzoek 2015' over de nood aan een complementaire, probleemgerichte aanpak in duurzaamheidsonderzoek. Onderzoek dat probleem gericht is, vraagt een holistische benadering van socio-ecologische systemen (Hugé, 2015).

Het belang van een transitie naar een maatschappij die zich meer bewust is van zijn verantwoordelijkheden naar een duurzame ontwikkelende samenleving werd reeds in 1987 geïntroduceerd door *the World Commission on Environment and Development* (World commission on environment and development, 1987) (Finkbeiner, Schau, Lehmann, & Traverso, 2010). Zij definieerden dit als een ontwikkeling die de behoeftes beantwoordt van de huidige samenleving, zonder dat er belemmeringen ontstaan in de mogelijkheden tot eigen voorziening in de behoeftes van een toekomstige generatie (Millar, MCLAughlin, & Börger, 2019). Hierbij ligt de focus niet alleen op de ecologische impact van een samenleving, maar ook op de economische aspecten en het sociale welzijn. Daarom is het nodig dat een maatschappij een balans zoekt binnen deze drie dimensies (Finkbeiner, Schau, Lehmann, & Traverso, 2010). Als antwoord op deze nieuwe inzichten werd in de academische wereld gezocht naar een model dat duurzame ontwikkeling kon omkaderen. Het *Venn diagram van duurzame ontwikkeling* is hiervan een uitgewerkt model. In dit diagram worden drie overlappende cirkels voorgesteld, welke ecologie, economie en sociologie omvat. Deze overlappende cirkels hebben betrekking op elkaar. Veranderingen in het één zal veranderingen in het ander teweeg brengen (Millar, MCLAughlin, & Börger, 2019). In de academische literatuur ook vernoemd als zijnde de 3 P's 'people, planet, and prosperity' (Guinée, et al., 2011).



Figuur 1: Het Venn diagram van duurzame ontwikkeling, de drie dimensies van duurzame ontwikkeling voorgesteld in de drie overlappende cirkels (Millar, MCLAughlin, & Börger, 2019).

Een samenleving die een transitie wil waar maken naar een duurzaam ontwikkelende samenleving zal zijn handelen moeten veranderen van een klassieke naar een moderne aanpak. Dit houdt in dat zij van een wegwerpmaatschappij onder leiding van een overheid, moet evolueren naar een actieve, internationale, multidisciplinaire en netwerkgerichte maatschappij die geïntegreerde oplossingen aanbiedt voor de samenleving (Finkbeiner, Schau, Lehmann, & Traverso, 2010). Hierbij sluit aan dat onze huidige lineaire economie, die grondstoffen ontginnen, verwerken, verbruiken en wegwerpen, niet kan leiden tot duurzame ontwikkeling. Omwille van de schade die zij aanricht aan het milieu kan deze vorm van economie onmogelijk duurzaamheid promoten (Sauvé, Bernard, & Sloan, 2016).



Figuur 2: Verschillen van een lineaire economie versus een CE (Sauvé, Bernard, & Sloan, 2016).

Als antwoord op het huidige lineaire economische model dat onze economie kenmerkt, wordt een circulair economisch model voor onze economie voorgesteld door overheidsinstanties en de academische wereld. Een CE zou oplossingen bieden voor de steeds groter wordende ecologische voetafdruk door menselijke activiteiten die ons klimaat ondermijnt (Bocken, de Pauw, Bakker, & van der Grinten, 2016). Deze vorm van economie wordt gedefinieerd als een CE waarbij hulpbronnen en de waarde van materialen binnen deze economie behouden worden voor zo lang mogelijk. Anders aangegeven als het creëren van gesloten materialenkringlopen. Bijvoorbeeld wanneer producten het einde van hun leven bereiken, worden zij zoveel mogelijk hergebruikt, waarbij afval en gebruik van hulpbronnen worden geminimaliseerd. Afval van de ene fabrikant kan een waardevolle input zijn voor de andere, als afval van producten of productieprocessen die worden gerepareerd, gerecycled, hergebruikt, herverdeeld en opnieuw opgewaardeerd (Tate, Bals, Bals, & Foerstl, 2019). Het Deense brillenmerk *Monkeyglasses* is een voorbeeld van zulk circulair economisch model. Hiervoor introduceert het merk o.a. het gebruik van materialen die een lagere impact hebben op het milieu. Ook ontwerpen en produceren zij met een minimum aan afval en organiseren zij ophaalsystemen, waarbij hun gebruikte brillen of gerecycled worden, of een tweede leven krijgen in Afrika (Flanders DC en Vlaanderen Circulair, 2020).

## 2 Circulaire economie

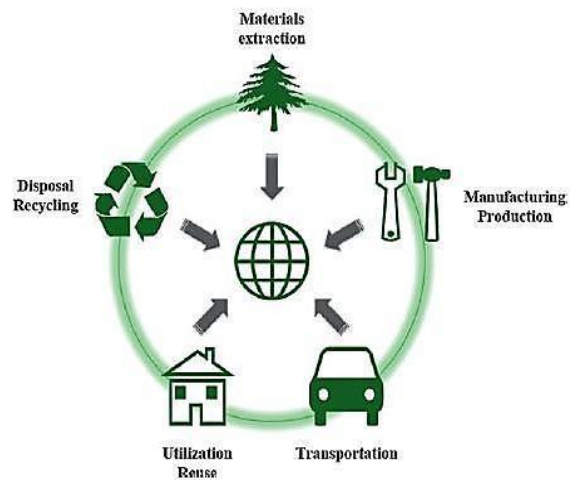
Op internationaal niveau is er een politieke overeenkomst gesloten om systematisch te evolueren naar een meer duurzame ontwikkeling. In december 2015 werd door de Verenigde Naties een conferentie gehouden over de klimaatverandering met als doel te komen tot een overeenkomst over klimaatdoelstellingen, *het Akkoord van Parijs*. In dit zelfde jaar kondigde de Europese commissie het EU-*actieplan voor de CE* aan. Dit EU-actieplan introduceert CE op Europees politiek niveau en in de academische wereld, waarbij de transitie naar een duurzame ontwikkeling streeft naar de integratie van duurzame circulaire strategieën tijdens de productie en consumptie van materialen (Mestre & Cooper, 2017). Het implementeren van een CE in de praktijk vraagt inzicht en verruiming in de meetmethodes die nodig zijn voor deze hanteerbaar te maken (Saidani, Yannou, Leroy, Cluzel, & Kendall, 2019). Het is immers de grootste uitdaging voor de meeste organisaties om dit duurzaam concept te implementeren in de realiteit (Finkbeiner, Schau, Lehmann, & Traverso, 2010). Om deze implementatie mogelijk te maken, werd in de academische wereld allereerst gezocht naar een juiste definitie van het concept. CE kent echter vele definities en heeft hierdoor verschillende betekenissen voor verschillende mensen (Saidani, Yannou, Leroy, Cluzel, & Kendall, 2019). Het concept refereert naar nieuwe vormen van businessmodellen, naar een nieuw paradigma van economie, naar een industrieel model en een economisch systeem (Millar, MCLaughlin, & Börger, 2019)

Indien CE een bruikbaar instrument dient te zijn voor een duurzame ontwikkeling binnen de Vlaamse optiekwereld, kan meer gebruikelijk gerefereerd worden naar een model dat de materialen en energie flow, tijdens de productie van producten tot aan de afvalverwerking van deze, in kaart brengt. Een omvattende definitie wordt uit de literatuurreview van Millar, MCLaughlin & Börger (2019) gesuggereerd als zijnde een economisch systeem dat het einde van de levensloop van producten wil vervangen door gebruik te maken van strategieën als verminderen, herverdelen, hergebruiken en recyclen van materialen in de productie, distributie en consumptie. Deze strategieën vinden plaats op microniveau (producten, bedrijven en consumenten), op mesoniveau (eco-industrieparken), en op macroniveau (stad, regio, natie). Een onderzoek naar CE binnen de Vlaamse optiekwereld, zal dus strategieën hieromtrent onderzoeken op microniveau.

Deze strategieën hebben als doel de duurzame ontwikkeling en economische groei te ondersteunen, alsook het beschermen van de leefomgeving en de sociale gemeenschap. Integratie van een CE is gekenmerkt door een actieve rol van de verantwoordelijke consument (Millar, MCLaughlin, & Börger, 2019). In de Vlaamse optiekwereld trachten sommige bedrijven de verantwoordelijkheid van de consument aan te spreken en benadrukken zij dat een afgedankt product kan opgestuurd worden naar de producent, die zijn rol dan opneemt als verantwoordelijke producent als schakel in een circulair economisch model. De producenten van deze merken kunnen zo afgedankte producten opnieuw een tweede leven geven onder vormen van hergebruik of recyclage programma's. Zo verzameld de organisatie *Ophthalmology Worldwide* oude brillen voor verzending naar ontwikkelingslanden (Ophthalmology Worldwide, 2020). Merken als *w.r.yuma* (W.R.Yuma, 2020) en *Monkeyglasses* (Flanders DC en Vlaanderen Circulair, 2020) verzamelen hun afgedankte monturen om opnieuw te kunnen recyclen. Het contactlensmerk *Bausch + Lomb* verzamelt gebruikte contactlenzen van hun *Biotrue* contactlensgamma en blisterverpakkingen van consumenten voor recyclage (Yeung & Davis, 2019).

### 3 Levenscyclusanalyse (LCA) van producten in een circulair economisch model

Een hulpmiddel bij het meten van de transitie naar een CE is de levenscyclusanalyse of *Life Cycle Assessment* van materialen (hierna 'LCA'). LCA is een reeds gevorderde meetmethode die aansluit bij het circulaire denkpatroon van een circulair economisch model (Ahmed, Rana, & Nguyen, 2019). Hoewel LCA-onderzoek wordt ingezet om de lineaire en de circulaire levensloop van producten in kaart te brengen en met elkaar te vergelijken. Het doel is cijfermateriaal te verzamelen van relevante gegevens die betrekking hebben tot het behoud van het milieu. Dit gaat bijvoorbeeld over het evalueren van de koolstofvoetafdruk en de watervoetafdruk. Alsook het evalueren van de productie en het gebruik van materialen, de afvalverwerking, en de eventuele recyclage en hergebruik van de materialen (Finkbeiner, Schau, Lehmann, & Traverso, 2010). Hierbij wint LCA aan populariteit, omdat het in staat is de totale potentiële milieu-impact van producten en services op een kwantitatieve manier te meten (Ahmed, Rana, & Nguyen, 2019).



Figuur 3: LCA volgens de stadia die een product doorloopt doorheen zijn levenscyclus (Ahmed, Rana, & Nguyen, 2019).

In een case studie die in het jaar 2008 werd gepubliceerd door het vaktijdschrift *Procedia CIRP* (Juraschek, Becker, Thiede, Kara, & Herrmann, 2019), werd een LCA uitgevoerd met betrekking tot de productie en distributie van monturen. Deze monturen werden voorgeschreven voor gebruik van brillenglazen op sterkten en zonnebrilglazen. Het LCA-onderzoek richtte zich hierbij naar het gebruik van hernieuwbare hulpbronnen, de manier van produceren, de distributiekanaal, de gebruiksfases en het einde van de levensfasen van de monturen. Uit de resultaten van deze studie konden verschillende conclusies getrokken worden. Zo kon o.a. geconcludeerd worden dat het merendeel van de monturen van industriële massaproductie elders dan de lokale verkoop van deze monturen afkomstig is. Een ander resultaat liet zien dat de hoeveelheid aan fossiele uitputting door het produceren van cellulose acetaat en nylon, grotendeels samenhangt met de manier van produceren. Voor monturen die dan weer gemaakt worden uit gerecycleerd materiaal of uit afval van plasticflessen heeft dit het minste gevolgen voor het milieu. De studie toont ook aan dat lange distributiekanaal een nefaste invloed hebben op het milieu. De periode van gebruiksfase van monturen daarentegen heeft nagenoeg geen invloed op het milieu. Daartegenover staat dat het aantal monturen

gemiddeld aangekocht per persoon sterk is gestegen, met in het jaar 2018 voor inwoners van de USA een consumptie van 0,8 monturen per persoon (Juraschek, Becker, Thiede, Kara, & Herrmann, 2019). Uit deze case studie is gebleken dat LCA-onderzoek toepasbaar kan zijn binnen de optiekwereld, maar dat dit niet een eenvoudig toepasbare methode is. De dimensies die in een LCA-onderzoek aan bod komen, kunnen echter een goede basis zijn voor een onderzoeksopzet. In deel 6 van deze paper zal gesproken worden over circulaire ontwerpstrategieën, waarbij de circulaire denkpatronen gebaseerd zijn op LCA.

#### **4 Strategieën in een circulaire economie**




In een CE moeten strategieën die het milieu dienen te beschermen doordacht en uitgebreider zijn dan alleen de toepassing van recyclage. Zoals eerder vermeld in de omschrijving van CE, dienen producten zolang mogelijk in omloop te blijven. Op verschillende tijdschalen gedurende de levenscyclus van materialen, kunnen strategieën toegepast worden die de levensduur van deze materialen verlengen. Verminderen, hergebruiken, heroriënteren en recycleren, zijn hierbij de bekende R-strategieën in een CE (Mestre & Cooper, 2017). Deze strategieën zijn rechtstreeks gelinkt aan het toepassen van een juiste afvalhiërarchie, vooropgesteld door de EU.

In deze hiërarchie wordt op de eerste plaats *reduce* gezet. Het verminderen van afval, is dus de meest effectieve strategie in een CE (Nehrenheim, 2014). Zo kan het recyclagebeleid rond bedrijfsafval van het contactlensbedrijf *CooperVision* als voorbeeld gegeven worden van een toepassing van deze strategie. Dit bedrijf reduceerde zijn afvalberg van productieafval tot 95 %, door het recycleren van deze in o.a. stoelen (Yeung & Davis, 2019). Op de tweede plaats staat *reuse*, wat betekent het hergebruiken van materialen (Nehrenheim, 2014). Ook deze strategie wordt toegepast door *CooperVision*, doordat zij kartonnen dozen, die in de fabriek circuleren, tot tienmaal opnieuw hergebruiken alvorens deze gerecycleerd worden (Yeung & Davis, 2019).

Op de derde plaats staat *recycle*. Recuperatie van materialen uit afvalstromen dienen voor nieuwe productiestromen (Nehrenheim, 2014). Hierbij is het van belang te weten dat recycleren van een product dat in een gesloten materialenkringloop circuleert, in zijn geheel dient gerecycleerd te kunnen worden. De voorkeur van recyclageproces gaat naar primaire recyclage, gevolgd door tertiaire recyclage. Primaire recyclage betreft het produceren van een nieuw materiaal uit afval, dat dezelfde kwaliteitsvolle proporties aanhoudt van het eerste materiaal. Dit wordt ook omschreven als *upcycling*. Bij tertiaire recyclage zal bij een nieuwe productie van het afgedankte materiaal, dit product aan minder kwaliteitsvolle eisen voldoen dan het voorgaande (Bocken, de Pauw, Bakker, & van der Grinten, 2016). Deelnemen aan een recyclageprogramma wordt aangemoedigd door het contactlensbedrijf *Bausch + Lomb*. Het contactlensafval kan echter door consumenten ook thuis juist gesorteerd worden. Verpakkingsafval van contactlensvloeistoffen wordt veelal gemaakt uit PET of HDPE (High-density polyethylene) en blisterverpakkingen, contactlens bewaarpotjes worden gemaakt uit PP (Polypropylene) Deze bevatten allen de juiste substanties om nadien gerecycleerd en hergebruikt te worden in andere materialen (Yeung & Davis, 2019). Tabel 1 geeft het herkensymbool weer van deze plasticsoorten en zijn mogelijke toepassingen in recyclageprocessen.



Tabel 1: Recycleerbare plasticsoorten van contactlensverpakkingen (Yeung & Davis, 2019).

 <b>PETE or PET</b> (Polyethylene terephthalate)	<b>Some contact lens solution bottles</b> , soft drink bottles, water bottles, mouthwash containers, peanut butter jars, sports drink and cooking oil bottles, oven-safe food trays	New containers, straps, paneling, carpet, polar fleece, tote bags
 <b>HDPE</b> (High-density polyethylene)	<b>Some contact lens solution bottles</b> , juice bottles, milk jugs, butter/margarine tubs, grocery bags, bleach/detergent bottles, shampoo bottles, washing and shower soap bottles, trash bags	Laundry detergent bottles, drainage pipes, pens, oil bottles, picnic tables, doghouses, benches, floor tiles
 <b>PP</b> (Polypropylene)	<b>Contact lenses blister packaging, contact lens cases</b> , medicine bottles, straws, ketchup bottles, bottle caps, packing tape, furniture, luggage, toys, bumpers	Bins, rakes, bicycle racks, ice scrapers, brushes, brooms, signal lights

Op de vierde plaats wordt *recovery* als strategie vermeld. Hierbij wordt energie gewonnen uit afval (Nehrenheim, 2014). Zo wordt bijvoorbeeld energie gewonnen uit biomassa voor de productie van energie die verbruikt wordt in het logistieke gebouw van *CooperVision Mountpark UK* (Yeung & Davis, 2019). Op de laatste plaats van de afvalhiërarchie wordt *landfill* geplaatst, waarmee bedoeld wordt de tijdelijke of permanente opslagplaats voor afval (Nehrenheim, 2014). Deze strategie wordt verder niet besproken in deze paper. Onderstaande figuur geeft een illustratie van de bovenstaande besproken afvalhiërarchie.



Figuur 4: De afvalhiërarchie volgens de normen van de EU (Nehrenheim, 2014).

De R-strategieën worden als een leidraad vooropgesteld in een CE. Het toepassen van deze strategieën zijn van belang, maar dienen ondersteund te worden door strategieën die meer gericht zijn op een aanpak vanuit systeemperspectief. Deze omvatten strategieën om een economische groei aan te moedigen door middel van nieuwe businessmodellen. In deze nieuwe businessmodellen moeten eco-design ontwerpen, innovatieve technieken en samenwerking tussen industrieën (industriële symbiose) resulteren in een betere aanpak gericht op een evolutie naar een CE (Smol, Kulczycka, & Avdiushchenko, 2017).

## **5 Eco-innovatie als systeemgerichte strategie in een circulaire economie**

Een noodzakelijke voorwaarde voor een systeemgerichte aanpak is het hanteren van een eco-design d.m.v. innovatieve technologieën. Deze technologieën dienen het mogelijk te maken dat er geen waardeverlies optreedt bij het maken en herstellen van een product. Systeemperspectiefgerichte strategieën dienen dus eco-innovatie aan te moedigen. Dit betreft de introductie van nieuwe en significant verbeterde producten, processen, organisatorische veranderingen en marktoplossingen, welke de uitputting van natuurlijke hulpbronnen reduceren. Dit houdt o.a. in het verminderen van materialengebruik, energievraag en watervraag, welke gekoppeld zijn aan de levenscyclus van materialen. Hierbij is het van belang dat elke vorm van schadelijke stoffen die kunnen vrijkomen gedurende deze processen wordt ingetoomd (Smol, Kulczycka, & Avdiushchenko, 2017). Een ander aspect van ecologisch en innovatief ontwerpen is het modulair ontwerpen, waarbij onderdelen makkelijk uit elkaar te halen zijn en onderdelen universeel kunnen ontworpen zijn. Ontwerpen dienen hierbij ook lang mee te gaan en zuivere energie te consumeren. Bijvoorbeeld door productie uit energie die niet-toxisch is en een continue stroom waarborgt (Alves, Gonçalves, Mattos, Bonato, & Filho, 2016).

Eco-design als innovatieve strategie van circulaire producten kan ook zo ontworpen zijn, dat zij circulair is in een technische of biologische materialenkringloop. In feite worden materialen die circuleren in een CE ontworpen voor vier mogelijke circulaire routes in de economie. Gesloten of bijna gesloten technische materialenkringlopen, en bio-geïnspireerde of bio-gebaseerde biologische materialenkringlopen. De eerste twee circulaire modellen omschrijven een technische cyclus van producten, de andere twee omschrijven een biologische cyclus van producten. In een technische cyclus waarbij producten dienen ontworpen te worden voor het vertragen of sluiten van de productcyclus in al zijn fasen, worden geoptimaliseerde technologieën vooropgesteld, welke materialen- en energie efficiëntie zo hoog mogelijk dienen te houden. Wanneer materialen langer dienen te circuleren in een economie die bijna gesloten is, zal duurzaam ontwerpen steeds een belangrijke factor spelen. Dient een materiaal voor altijd circulair gehouden te worden, vergt dit nog meer de integratie van ontwerpen voor recycleerbaarheid en demonteerbaarheid. Innovatiestrategieën die zich richten op het ontwerpen voor een biologische materialenkringloop, zoeken oplossingen in ons natuurlijk ecosysteem. Bio-geïnspireerde materialenkringlopen adopteren een biomimetische aanpak, die zich inspireert op de oplossingen van moeder natuur. Bio-gebaseerde materialenkringlopen hebben als hoofddoel gebruik te maken van biologische materialen die op het einde van hun levensduur bio-afbreekbaar zijn (Mestre & Cooper, 2017). Op deze manier kunnen zij terug in de natuur afgegeven worden in de vorm van nutriënten (Bocken, de Pauw, Bakker, & van der Grinten, 2016).

### **5.1 Productontwerp - Biomimetica**

Biomimetische principes die als strategieën worden toegepast in een bio-geïnspireerde CE hebben als doel innovatie aan te moedigen welke oplossingen biedt voor de klimaatuitdagingen en het efficiënter omgaan met materialen. Biomimetica is de studie die oplossingen zoekt voor het duurzaam ontwikkelen van ons industrieel ecosysteem, door deze te baseren op hoe de natuur efficiëntie en duurzaamheid waarborgt (Tate, Bals, Bals, & Foerstl, 2019). Hierbij kan als voorbeeld gedacht worden aan de *Biotrue* contactlens van *Bauch + Lomb*, welke zo ontworpen is dat zij de natuurlijke balans van het oog naboots. Zo imiteert de contactlens de lipiden laag van het oog, die uitdroging van het oog voorkomt. Dit gebeurt doordat de contactlens bestaat uit het materiaal *Hypergel*. De contactlens heeft ook de eigenschap een groot watergehalte vast te houden en erg zuurstof doorlaatbaar te zijn, net als de cornea van het oog zelf (Bausch + Lomb, 2020).

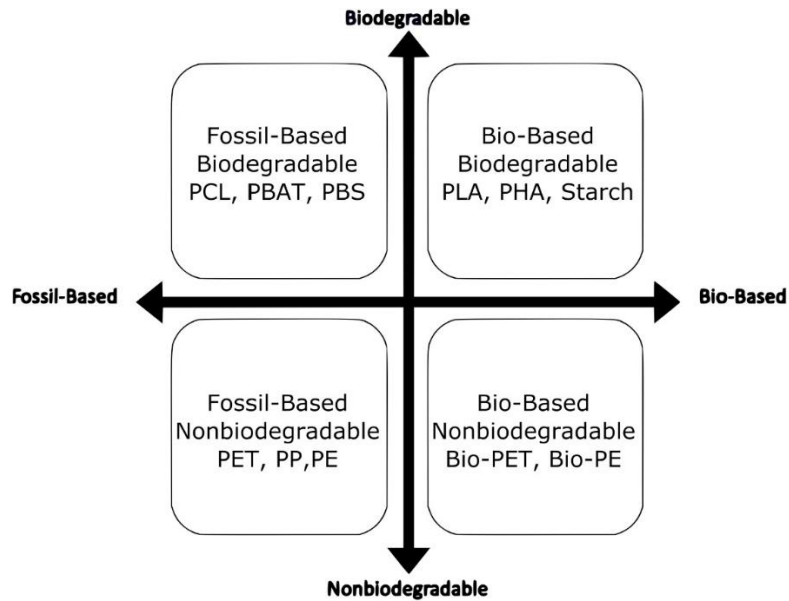
### **5.2 Productie - 3D printen**

3D printen of additieve productie technologie is een eco-innovatie strategie die toegepast kan worden in verschillende circulaire ontwerpmodellen in een CE. Deze vorm van ontwerpen biedt veel mogelijkheden en leidt tot een meer duurzame ontwikkeling, doordat materialen op efficiëntere manieren kunnen geproduceerd worden en afval sterk gereduceerd wordt. Nieuwe ontwerpen hebben een kortere tijd nodig om op de markt te komen en voldoen meer aan de individuele behoeften van individuen. 3D printen wordt reeds toegepast in niche bedrijven. De technologie print laag per laag materiaal op elkaar tot drie-dimensioneel materiaal van plastic, metaal, keramiek, glas of andere (Attaran, 2017).

In de optiekwereld is 3D technologie voor het maken van monturen reeds in gebruik. De mogelijkheid tot het beter respecteren van faciale karakteristieken en oculaire parameters hebben deze techniek hierbij populair gemaakt. Ecologisch biedt 3D printen ook meer mogelijkheden tot het gebruik van biodegradeerbare plasticsoorten als bijvoorbeeld PLA (polylactic acid) of een combinatie van PLA en hout (Wood-PLA). PLA wordt gewonnen uit mais of suikerbiet en is een alternatief voor aardolie (Besnea, Rizescu, Rizescu, Constantin, & Spanu, 2018). 3D printen volgt meer het circulair model, doordat lokale productie kan plaatsvinden. Vervanging van kleine onderdelen vindt makkelijker plaats, omdat deze eenvoudiger kunnen gereproduceerd worden. Afval wordt ook minder gecreëerd gedurende het productieproces, omdat materiaal preciezer verdeeld kan worden (Attaran, 2017).

### **5.3 Materialengebruik – bio-gebaseerde of biodegradeerbare materialen**

Ecologische innovatie in een biologische cyclus is gebaseerd op biologische materialen die in hun productie geen fossiele grondstoffen gebruiken en bij het einde van gebruik mogelijk biodegradeerbaar zijn. Er zijn twee soorten biologische materialen die gebaseerd zijn op niet-fossiele grondstoffen, de biodegradeerbare en de niet-biodegradeerbare plasticsoorten. Plasticsoorten die geproduceerd worden uit fossiele grondstoffen kunnen ook biodegradeerbaar of niet-biodegradeerbaar zijn. Plasticsoorten kunnen dus onderverdeeld worden in vier grote groepen. De bio-gebaseerde plasticen, die wel of niet-biodegradeerbaar zijn en de op fossiele brandstoffen gebaseerde plasticsoorten die biodegradeerbaar of niet-biodegradeerbaar zijn (Correa, Montalvo-Navarette, & Hidalgo-Salazar, 2019). In de volgende figuur (zie Figuur 5) wordt deze indeling geïllustreerd.



Figuur 5: Classificatie van plasticsoorten (Correa, Montalvo-Navarette, & Hidalgo-Salazar, 2019).

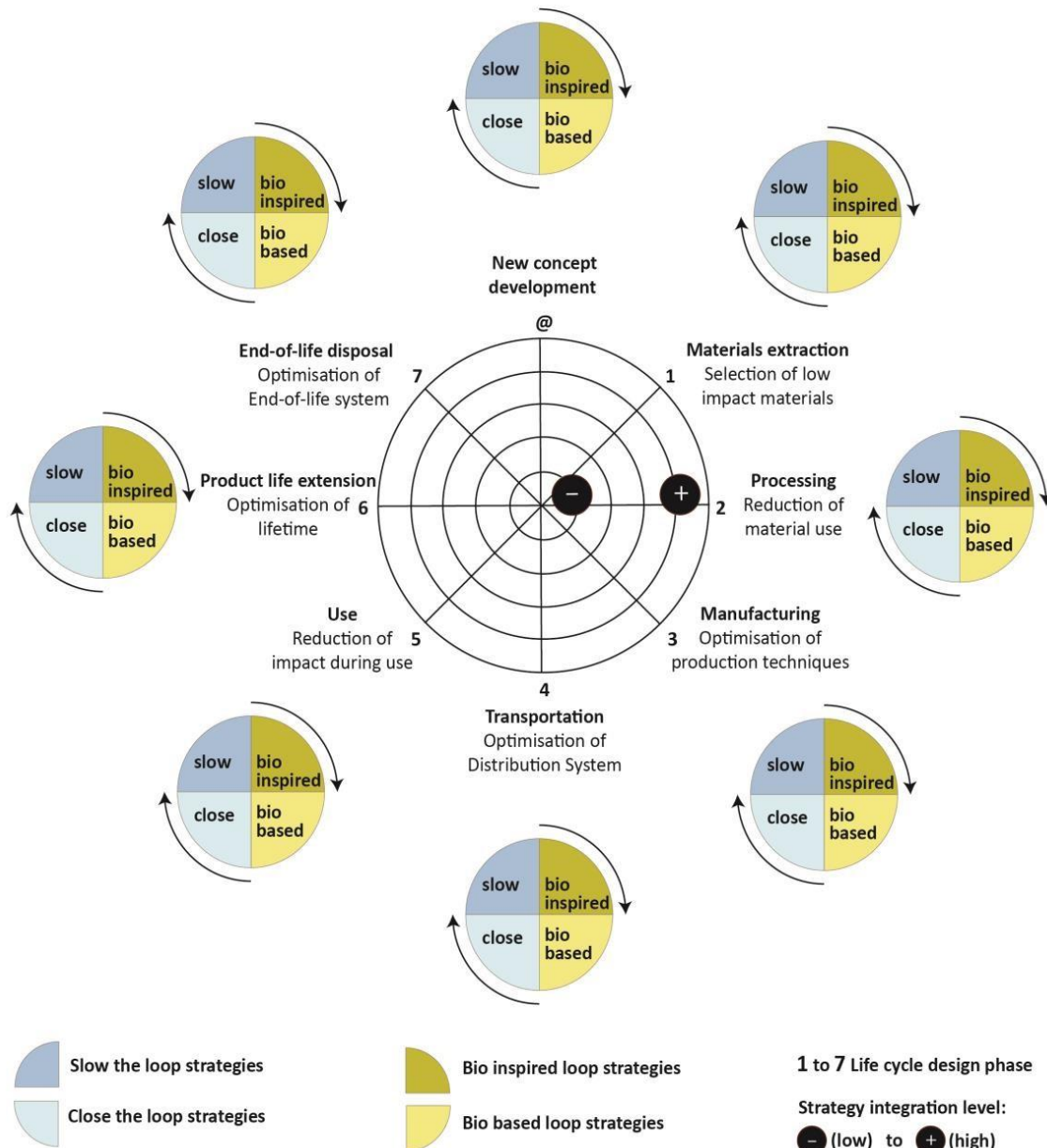
In de vier grote verdelingen van plasticsoorten, naar hun biodegradeerbaarheid en ruwe materiaalsoort wordt een eerste groep onderverdeeld in typische olie-gebaseerde en niet biodegradeerbare plasticsoorten. Deze omvatten onder meer PE (polyethylen), PP (polypropylen), PET (polyethylen terephthalate). Een tweede groep omvat de olie-gebaseerde plasticsoorten die wel afbreekbaar zijn d.m.v. bepaalde enzymen. Deze plasticsoorten zijn PCL (polycaprolactone), PBS/A (polybutylen succinate/adipate) en PBA/T (polybutylen adipate-co-terephthalate). Een derde groep plasticsoorten van biologische oorsprong maar niet-biodegradeerbaar omvat onder meer bio-PET (bio-polyethylen terephthalate), bio-PE (bio-polyethylen), high DS (polysaccharide derivatives) en polyol-polyurethane (Iwata, 2015). Cellulose acetaat, een veelvoorkomend plasticmateriaal voor het produceren van monturen (Besnea, Rizescu, Rizescu, Constantin, & Spanu, 2018), is tot op heden geclassificeerd als een niet-biodegradeerbaar biologisch geproduceerd plasticsoort. Een vierde groep biologische plasticsoorten die wel bio-afbreekbaar zijn in de composthoop of meestal door industriële compostering onder hogere temperaturen, omvat PLA (polylactide), PHA (polyhydroxyalkanoate), low DS (polysaccharide derivatives) en polyamino acid (Iwata, 2015). Luxottica een Italiaans bedrijf dat een groot deel van de optiekmarkt in handen heeft, gebruikt voor zijn productie van acetaat monturen een biologisch acetaat gewonnen uit castorolie. Dit bio-acetaat is voor 97 % biodegradeerbaar, en zou natuurlijk afgebroken worden door micro-organismen (Luxottica, 2020).

Biologisch afgeleide plasticsoorten houden verband met de doelstellingen van een CE, omdat ze gezien worden als meer circulair. De focus van biomaterialen is steeds meer het ontwerpen van meer recyclebare plasticsoorten voor een technische cyclus. Het optimaliseren van cascade recycling van biomaterialen wordt verwacht een sleutelrol te spelen in het verminderen van materiaalgebruik en het efficiënt omgaan met gelimiteerde biologische bronnen (Hildebrandt, Bezama, & Thrän, 2017). Biologische afgeleide plasticsoorten die wel biologisch afbreekbaar zijn in anaerobe conditie kennen vandaag de dag nog te grote problemen. Omdat deze biologisch afbreekbare plasticsoorten nauwelijks te onderscheiden zijn van de niet-biologisch afbreekbare

plasticsoorten, worden deze niet juist gescheiden en kunnen zij verzeild geraken in de recyclageprocessen van andere plasticsoorten. Wanneer biodegradeerbaar plastic te samen met non-biodegradeerbaar plastic gerecycled wordt, dan is het gerecycleerd materiaal van mindere kwaliteit (Iwata, 2015).

## 6 Een evaluatie-instrument voor eco-innovatie

In een optiekwereld die circulair dient te zijn, is het van belang dat de fase waarin een product duurzaam ontworpen wordt nauwkeurig is te evalueren. Het is gebleken dat meer dan 80 % van de milieu-impact van een product over zijn gehele levenscyclus, vastgelegd wordt bij de beslissingen die gemaakt worden tijdens deze fase. Een innovatief productontwerp en innovatieve productieprocessen hebben dus een significante impact op het behoud van grondstoffen en de beperking van afval (Mendoza, Sharmina, Gallego-Schmid, Heyes, & Azapagic, 2017). In dit deel van de literatuurstudie wordt een instrument aangereikt dat gehanteerd kan worden in het evalueren van de strategische innovatieprocessen of circulaire ontwerpstrategieën.



Figuur 6: Template van het eco-ontwerp strategiewiel, in de benadering van vier verschillende circulaire modellen (Mestre & Cooper, 2017).

In de literatuur bestaan verschillende meetmethodes die het niveau van integratie van innovatieve strategieën trachten te evalueren. In deze paper wordt het eco-ontwerp strategiewiel voorgesteld, welke een meetinstrument is dat zijn focus legt op duurzame standaarden voor productontwerpen. De benadering wordt gezocht in productontwerpperspectieven en laat toe om de gehele productlevenscyclus te doorlopen, d.m.v. zeven levenscyclus ontwerpfasen. Een eerste fase omvat de extractie van materialen, waarbij gekeken wordt naar de selectie van materialen dat minder milieu-impact veroorzaakt, waarna deze selectie wordt samengesteld met minder materiaal componenten. Een tweede fase gaat over het reduceren van materiaalhoeveelheid, gevolgd door een derde fase dat de optimalisatie van productietechnieken evalueert. In een vierde fase wordt de optimalisatie van distributie systemen geëvalueerd. Een vijfde fase omvat reductie van milieu-impact gedurende het verbruik van een product. De zesde fase gaat over het optimaliseren van de levensduur van een product en fase zeven over het optimaliseren van het einde van de productlevenscyclussystemen. Tot slot is er nog een achtste fase waarbij gepeild wordt naar hoe nieuwe innovatieve concepten worden benaderd (Alves, Gonçalves, Mattos, Bonato, & Filho, 2016). In de bovenstaande figuur van het eco-ontwerp strategiewiel worden deze acht fasen voorgesteld in een evaluatiemethode, die van toepassing is op de verschillende circulaire modellen. Als eerder vermeld, zal dit gaan over materialenkringlopen die gesloten of bijna gesloten zijn, of materialenkringlopen die bio-geïnspireerd of bio-gebaseerd zijn. In onderstaande tabellen worden deze gedetailleerd voorgesteld (zie Tabellen 2 en 3). Meerdere circulaire modellen kunnen van toepassing zijn op een product, en doorlopen een zelfde proces in aanpak van ontwerpen, welke complementair kunnen zijn.

Tabel 2: Circulaire innovatie strategieën die materialenkringlopen vertragen of sluiten, in een technische cyclus (Mestre & Cooper, 2017).

<b>Life cycle design Strategies</b>	<b>Slow the loop</b>	<b>Close the loop</b>
<b>1 Selection of low impact materials</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cleaner materials</li> <li>▪ Renewable materials</li> <li>▪ Lower energy materials</li> <li>▪ Recyclable materials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recycled materials</li> <li>▪ Recyclable materials</li> <li>▪ Biodegradable materials</li> <li>▪ Lower energy materials</li> <li>▪ Photodegradable materials</li> <li>▪ Renewable materials</li> <li>▪ Cleaner materials</li> </ul>
<b>2 Reduction of material use</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduction in weight</li> <li>▪ Reduction in volume (transport)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduction in weight</li> <li>▪ Reduction in volume (transport)</li> </ul>
<b>3 Optimisation of production techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alternative production techniques</li> <li>▪ Fewer production steps</li> <li>▪ Lower/cleaner energy consumption</li> <li>▪ Less production waste</li> <li>▪ Fewer/cleaner production consumables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alternative (optimised production techniques)</li> <li>▪ Fewer production steps</li> <li>▪ Lower/cleaner energy consumption</li> <li>▪ Minimal production waste</li> <li>▪ Fewer/cleaner production consumables</li> <li>▪ Renewable material &amp; energy resources</li> <li>▪ Industrial symbiosis</li> </ul>
<b>4 Optimisation of distribution system</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Less/cleaner/reusable packaging</li> <li>▪ Energy-efficient transport mode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Less/reusable/ biodegradable (zero waste) packaging</li> <li>▪ Energy-efficient transport mode</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energy-efficient logistics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clean &amp; efficient energy logistics</li> <li>▪ Elimination of logistics– “do it yourself” (e.g. 3D print at home with starch-based polymers)</li> </ul>
5 Reduction of impact during use	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lower energy consumption</li> <li>▪ Cleaner energy source</li> <li>▪ Cleaner consumables</li> <li>▪ Fewer consumables needed</li> <li>▪ No waste of energy/ consumables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lower energy consumption</li> <li>▪ Clean energy source</li> <li>▪ Clean consumables</li> <li>▪ Fewer consumables needed</li> <li>▪ No waste of energy/ consumables</li> <li>▪ Function as service (not product)</li> <li>▪ Upgradability (modularity)</li> </ul>
6 Optimisation of initial lifetime	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reliability &amp; durability</li> <li>▪ Easier maintenance &amp; repair</li> <li>▪ Upgradability &amp; adaptability</li> <li>▪ Standardization &amp; compatibility</li> <li>▪ Modular product structure</li> <li>▪ Dis- and reassembly</li> <li>▪ Classic design</li> <li>▪ Strong product-user relation (e.g. emotionally durable design)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reliability &amp; durability</li> <li>▪ Easy maintenance &amp; repair</li> <li>▪ Upgradability &amp; adaptability</li> <li>▪ Standardisation &amp; compatibility</li> <li>▪ Modular product structure</li> <li>▪ Dis- and reassembly</li> <li>▪ Classic design</li> <li>▪ Strong product-user relation</li> <li>▪ Service for function maintenance (i.e. company takes back end-of-life product, replaces with new)</li> </ul>
7 Optimisation of end of life system	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reuse of product</li> <li>▪ Remanufacturing/ refurbishing</li> <li>▪ Recycling of materials</li> <li>▪ Safer incineration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biodegradability</li> <li>▪ Remanufacturing/ refurbishing</li> <li>▪ Recycling of materials</li> <li>▪ Recollection of product for dismantling/material extraction e. Compostability</li> <li>▪ Nutritional value (waste=food)</li> <li>▪ Photodegradation</li> <li>▪ Reuse of product</li> <li>▪ Repurpose of product function</li> <li>▪ Recollection system for product</li> </ul>
8 Development of new concepts / Product design review / Other design concepts	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dematerialisation</li> <li>▪ Shared use of the product (ownership)</li> <li>▪ Integration of function</li> <li>▪ Functional optimisation of product (components)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dematerialisation</li> <li>▪ Shared use of product (ownership)</li> <li>▪ Integration of function</li> <li>▪ Functional optimisation of product (components)</li> <li>▪ Function as service (not product)</li> <li>▪ Circular business model</li> </ul>

Tabel 3: Circulaire innovatie strategieën die bio-gebaseerd zijn of bio-geïnspireerd (Mestre & Cooper, 2017).

Life cycle design Strategies	Bio inspired loop	Bio based loop
1 Selection of low impact materials	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bio materials</li> <li>▪ Recyclable materials</li> <li>▪ Clean materials</li> <li>▪ Biodegradable materials</li> <li>▪ Photodegradable materials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Renewable materials</li> <li>▪ Biodegradable materials</li> <li>▪ Compostable materials</li> <li>▪ Clean materials</li> <li>▪ Bio materials</li> <li>▪ Photodegradable materials</li> </ul>



2	<b>Reduction of material use</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biomimicry &amp; bionics (biological structures)</li> <li>▪ Reduction in weight</li> <li>▪ Reduction in volume</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduction in weight (less material = less pressure on biological life)</li> <li>▪ Reduction in volume (transport)</li> </ul>
3	<b>Optimisation of production techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biomimicry &amp; bionics (biological structures)</li> <li>▪ Reduction in weight</li> <li>▪ Reduction in volume</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alternative production techniques</li> <li>▪ Lower/cleaner energy consumption</li> <li>▪ Cultivation</li> <li>▪ Fewer/cleaner production consumables</li> </ul>
4	<b>Optimisation of distribution system</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Less/cleaner/reusable packaging</li> <li>▪ Energy-efficient transport mode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bio material packaging</li> <li>▪ Energy-efficient transport mode</li> <li>▪ Efficient distribution logistics – “grow it yourself” (e.g. mycelium - grow organism at home)</li> <li>▪ Elimination of logistics – “do it yourself” (e.g. 3D print in house with starch-based polymers; cultivate material over structure in house; moulding bio waste materials etc.)</li> </ul>
5	<b>Reduction of impact during use</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lower energy consumption</li> <li>▪ Clean energy source</li> <li>▪ Cleaner consumables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clean energy source</li> <li>▪ Clean consumables</li> <li>▪ Fewer consumables needed</li> <li>▪ No waste of energy/consumables</li> </ul>
6	<b>Optimisation of initial lifetime</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biomimicry &amp; bionics</li> <li>▪ Dis- and reassembly</li> <li>▪ Modular product structure (cell-like)</li> <li>▪ Self-repair (e.g. self-sealing containers)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reliability &amp; durability (e.g. resistance to biodegradation before desired time)</li> <li>▪ Easy maintenance &amp; repair – e.g. self-repair &amp; sustained growth (living materials)</li> </ul>
7	<b>Optimisation of end of life system</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biodegradability</li> <li>▪ Reuse of product</li> <li>▪ Repurpose of product function</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biodegradability</li> <li>▪ Compostable</li> <li>▪ Solubility</li> <li>▪ Nutritional value (waste=food)</li> <li>▪ Compostability</li> <li>▪ Photodegradation</li> </ul>
8	<b>Development of new concepts / Product design review / Other design concepts</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biodegradability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alternative (biological) production</li> <li>▪ Shared cultivation of the material</li> </ul>

De selectie van minder milieu vervuillende materialen omvat onder meer de keuze van hernieuwbare materialen, materialen die minder energie verbruiken, gerecycleerde materialen of recycleerbare materialen (Mestre & Cooper, 2017). Hernieuwbare materialen die van toepassing kunnen zijn in de optiek, zijn het gebruik van o.a. bio-acetaat en hout. Bij minder energie verbruikende materialen, kan gedacht worden aan bio PET of gerecycleerde PET en andere gerecycleerde materialen (Ace & Tate, 2020) (Talba Nederland, 2020) (REIZ GERMANY, 2020) (Eco Eyewear, 2020) (Rolf Spectacles, 2020).

Bij het reduceren van materiaalgebruik, speelt voornamelijk de reductie in gewicht van het materiaal en de reductie in transportvolume een rol. Materialen die minder wegen bevatten minder massa aan materiaal, waardoor er minder ontginning plaats vindt. Bij het optimaliseren van productietechnieken gaat het over de keuze van alternatieve productie technieken. Ook gaat het over minder productiestappen die nodig zijn, minder en zuiverdere energie consumptie, minder productieafval en minder en zuiverdere verbruikersartikelen (Alves, Gonçalves, Mattos, Bonato, & Filho, 2016). Zo speelt het bedrijf *Alcon* hierop in, doordat zij in hun productie van contactlenzen gerecycled water gebruiken en gedeeltelijk gebruik maken van hernieuwbare energie. De afvalstroom gecreëerd door de productie wordt ook voor 79 % gerecycleerd (Yeung & Davis, 2019).

Optimaliseren van distributiekkanalen gaat dan weer over minder en zuiverder herbruikbare verpakking, de inzet van energie-efficiënte transportmiddelen en energie-efficiënte logistiek (Alves, Gonçalves, Mattos, Bonato, & Filho, 2016). Als voorbeelden in de optiekwereld kan verwezen worden naar de efficiëntere verpakkingmethode die *Johnson & Johnson Vision Care* hanteert. Het gebruik maken van duurzame verpakking en opvullen van grotere dozen met meer contactlensverpakkingen. Een ander merk *Menicon* hanteert dan weer het gebruik van een minimalistische blisterverpakking voor hun contactlensgamma (Yeung & Davis, 2019).

De milieu-impact van een product gedurende zijn verbruik dient ook minimaal gehouden te worden, zonder verspilling van energie en verbruiksgoederen (Alves, Gonçalves, Mattos, Bonato, & Filho, 2016). Een voorbeeld hiervan in de optiekwereld zijn de navulsystemen van reinigingsvloeistof voor brilglazen, waarbij het dan volstaat dat de klant slecht één plastic flesje aankoopt (Glasklar, 2020).

Optimalisatie van de levensduur van producten wordt bekomen door het integreren van opties als betrouwbaarheid en duurzaamheid, makkelijk toegang krijgen tot reparatiediensten, modulair productstructuren, klassieke ontwerpen en een sterke product-gebruiker relatie (Alves, Gonçalves, Mattos, Bonato, & Filho, 2016). Bij het vertragen van een materialenkringloop zal het ontwerpen voor een verlengde levensduur van het product een cruciale rol spelen, waarbij een product ontworpen wordt om een vertrouwensband te bekomen met de koper. Een product dat geliefd wordt, zal emotionele duurzaamheid creëren. Het ontwerpen van een functioneel duurzaam product zal daarentegen belang hechten aan een juiste materiaal keuze, om te voorkomen dat het product makkelijk stuk gaat. Ontwerpen voor standaardisatie is ook een aspect van levensverlenging van producten en moedigt hergebruik aan. Dit gaat over een productontwerp waarbij onderdelen ook kunnen dienen voor andere producten. Een laatste veel vernoemde strategie in deze categorie betreft het ontwerpen van producten voor demontage en montage, waarbij materialen en onderdelen makkelijk dienen vervangen of hergebruikt te worden (Bocken, de Pauw, Bakker, & van der Grinten, 2016).

In de daaropvolgende fase komt een product aan het einde van zijn leven en dient het einde van levenssystemen ervoor te zorgen dat dit product heropgenomen kan worden in een circulair model. Dit kan geoptimaliseerd worden door het hergebruik van producten te stimuleren, producten te herproduceren uit afval en het recycleren van producten (Alves, Gonçalves, Mattos, Bonato, & Filho, 2016). Zoals eerder vernoemd zijn acties in de optiekwereld reeds van kracht om brillen een tweede leven te geven (Ophthalmology Worldwide, 2020). Tot slot wordt in de laatste fase het hele ontwerp van het product heroverwogen en geëvalueerd (Alves, Gonçalves, Mattos, Bonato, & Filho, 2016).

## 7 Discussie

Het opstellen van een onderzoekscontext voor duurzaamheid binnen de Vlaamse optiekwereld is een complexe opgave. Het meten van een duurzame ontwikkeling vraagt inzichten in de manier waarop (de Vlaamse optiekwereld) producenten, opticiens en consumenten handelen op ecologisch vlak, maar dient ook af te toetsen hoe de economische en sociologische structuur plaats vindt rond de hele productlevenscyclus. Een duurzaamheidsonderzoek zal vaak één kant meer belichten. Hier zal met waakzaamheid naar gekeken moeten worden.

In deze paper wordt het accent gelegd op strategieën die een CE kenmerken en toetsbaar zijn. Door het bevragen van het gebruik naar deze strategieën, die gericht zijn op eco-design en innovatie, kunnen er inzichten groeien in hoeverre de Vlaamse optiekwereld een duurzame optiekwereld is. Echter zal het onderzoek zich beperken, omdat het een som maakt van de toegepaste strategieën in een bepaalde praktijksituatie en geen exacte cijferwaardes geeft. Wat wel het geval zou zijn bij een LCA-onderzoek, maar de complexiteit van een LCA-onderzoek maakt dat het geen haalbare kaart zou zijn voor dit onderzoek. Bovendien zou enkel cijfermateriaal een te beperkte kijk geven op de complexiteit die kenmerkend is aan duurzaamheid. Om aan deze complexiteit tegenmoet te komen, wordt gekozen voor het eco-ontwerp strategiewiel als meetinstrument. De acht fasen die onderzocht worden gaan over alle fasen die een product kan doorlopen in zijn leven en geeft dus een ruim beeld van de impact op het milieu. In de realiteit zal in het praktijkonderzoek het ondervragen over al deze fasen beperkt kunnen zijn door gebrek aan kennis bij de ondervraagde, die zelf vaak een schakel is in het gehele systeem. In de optiekwereld is bijvoorbeeld het merendeel van de ontginning van grondstoffen en de eerste productiestappen gevestigd in het buitenland. Er moet dus in rekening gebracht worden dat uitkomsten gebaseerd op de circulaire strategieën een schatting zullen zijn van het duurzaam potentieel in de Vlaamse optiekwereld.

## 8 Besluitvorming

Duurzame ontwikkeling is vandaag de dag een veel besproken onderwerp. Hoewel duurzaamheid al lange tijd geleden zijn intrede deed in de academische wereld, is het onderzoeken van duurzaamheid de laatste jaren enorm toegenomen door de zorgen die zich opdringen uit onze omgeving. CE is een recent begrip dat in het leven is geroepen en door Vlaanderen en Europa wordt geïmplementeerd in zijn visie naar een duurzamere toekomst. Hierbij willen zij CE hanteren voor een technische materialenkringloop die gesloten of bijna gesloten is, of een biologische materialenkringloop die bio-geïnspireerd of bio-gebaseerd is. Een CE hanteert hiervoor de R-strategieën, die reductie van materialen, heroriëntering van materialen, hergebruik en recyclage van materialen aanmoedigt. Verder zijn ook systeemgerichte strategieën van toepassing, die tot doel hebben circulariteit aan te moedigen door middel van ecologische innovatieprocessen in ontwerpen en technologieën. Industriële symbiose, omgekeerde logistiek en nieuwe businessmodellen zijn hierbij onontbeerlijk en dienen economische groeimogelijkheden te creëren.

In de Vlaamse optiekwereld is een evolutie op gang, waarbij steeds meer initiatieven en merken trachten ecologische, economische en sociale doelen te verwezenlijken. Sommigen trachten materialen in omloop te houden, te recycleren, te kiezen voor gerecycleerd materiaal of deze een tweede leven te geven in ontwikkelingslanden. Anderen zetten in op kostenefficiënte en energie-efficiënte productie. Wat zich voordoet zijn verschillende acties die leiden tot minder milieu-impact in een bepaalde levensfase waarin een product zich op dat moment bevindt. Wanneer duurzaamheid in de Vlaamse optiekwereld bestudeerd wordt aan de hand van circulaire economische modellen, dient er eerder gebaseerd te worden op circulaire strategieën die een gehele levenscyclus kenmerken van een product. Daarbij wordt er getracht alle fasen van de levenscyclus van een product in kaart te brengen. Een product is dus niet zomaar duurzaam omdat zij geproduceerd werd uit biologische grondstoffen of omdat zij nadien gerecycleerd kan worden. Een product zal in elke fase van zijn levensloop een bepaalde milieu-impact creëren. Er kan pas gezegd worden dat een product duurzaam is, wanneer zoveel mogelijk circulaire strategieën werden toegepast in elke fase van zijn levensloop.

De meetmethode die gehanteerd zal worden in een praktijkstudie naar duurzaamheid in de Vlaamse optiekwereld, baseert zich op het eco-ontwerp strategiewiel, welke zeven fasen bestudeert die een product doorloopt in zijn levenscyclus. Van ontginning, ontwerp en productie, tot transport, verbruik, levensverlenging van producten en het einde van de in gebruik name. Een achtste fase zal bijkomende informatie vragen over de bedrijfsvisie en de continue opvolging van de zeven voorgaande fasen. Het bevragen van deze fasen zal bij producenten van optiekmaterialen gebeuren door afname van kwalitatieve interviews. Bij de consumenten en opticiens van zelfstandige optiekwaken zal dit gebeuren door kwantitatief enquête onderzoek. Op deze manier zal het onderzoek trachten kwalitatieve en kwantitatieve gegevens te verkrijgen die peilen naar de implementatie van een circulair economisch model.

Circulair denken in de Vlaamse optiekwereld werd nog niet veelvuldig onderzocht in de academische wereld. Dit onderzoek zal mee bijdragen aan een startfase die duurzaamheidsonderzoek en ecologische innovatie binnen de Vlaamse optiekwereld aanmoedigt. Hieruit volgend zal verder onderzoek aanbevolen zijn om het evoluerende duurzame karakter binnen de optiekwereld in kaart te brengen en het onderzoek naar mogelijkheden tot meer duurzame ontwikkeling binnen deze sector aan te moedigen.

## 9 Bronnenlijst

- Ace & Tate. (2020). *Bio acetate*. Opgeroepen op februari 20, 2020, van Ace & Tate: <https://www.aceandtate.com/be/glasses/bio-acetate>
- Ahmed, B., Rana, M. M., & Nguyen, H. T. (2019). Life Cycle Assessment of Construction Materials: Cradle-To-Gate and Cradle-To-Gate Approach. *Journal of Sustainable Construction Engineering and Project Management*, 2(3), 1-9.
- Alves, L. L., Gonçalves, C., Mattos, C., Bonato, T., & Filho, E. R. (2016). EcoDesign startegy wheel: appliance in a "Santa-Cruz" Sundial. *Product: Management & Development*, 14, 2. doi:10.4322/pmd.2016.010
- Attaran, M. (2017). The rise of 3-D printing: the advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horizons*, 60-5, 677-688. doi:10.1016/j.bushor.2017.05.011
- Bausch + Lomb. (2020). *Biotrue ONeday contactlenzen*. Opgehaald van Bausch + Lomb: [www.bausch.nl/professionals/onze-producten/contactlenzen/biotrue-oneday-contactlenzen/](http://www.bausch.nl/professionals/onze-producten/contactlenzen/biotrue-oneday-contactlenzen/)
- Besnea, D., Rizescu, D., Rizescu, C. I., Constantin, V., & Spanu, A. (2018). Additive technologies and materials used for making customised glasses frames. *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*, Issue 3.
- Bocken, N. M., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308-320. doi:10.1080/21681015.2016.1172124
- Byerly, H., Balmford, A., Ferraro, P. J., Wagner, C. H., Palchak, E., Polasky, S., . . . Fisher, B. (2018). Nudging pro-environmental behavior: evidence and opportunities. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(3), 159-168. doi:10.1002/fee.1777
- Correa, J. P., Montalvo-Navarette, J. M., & Hidalgo-Salazar, M. A. (2019). Carbon footprint considerations for biocomposite materials for sustainable products: A review. *Journal of Cleaner Production*, 208, 785-794. doi:10.1016/j.jclepro.2018.10.099
- Eco Eyewear. (2020). *Eco Eyewear*. Opgeroepen op maart 3, 2020, van About Eco: <https://eco-eyewear.com/pages/about-eco>
- Finkbeiner, M., Schau, E. M., Lehmann, A., & Traverso, M. (2010). Towards Life Cycle Sustainability Assessment. *Sustainability*, 2, 3309-3322. doi:10.3390/su2103309
- Flanders DC en Vlaanderen Circulair. (2020). *Case: Dick Moby*. Opgeroepen op februari 21, 2020, van Close The Loop: <https://www.close-the-loop.be/nl/case/135/dick-moby#>
- Flanders DC en Vlaanderen Circulair. (2020). *Case: Monkeyglasses*. Opgeroepen op februari 25, 2020, van Close The Loop: <https://www.close-the-loop.be/nl/case/177/monkeyglasses>
- Glasklar. (2020). *Navulbaar, natuurlijk, duurzaam*. Opgeroepen op februari 24, 2020, van Glasklaroptica: <https://glasklaroptica.com/nl>
- Guinée, J. B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., . . . Rydberg, T. (2011). Life Cycle Assessment: Past, present, and Future. *Environmental Science & Technology*, 45, 90-96. doi:10.1021/es101316v

- Halden, R., Rolsky, C., & Kelkar, V. (2018). Don't throw those contact lenses down the drain. (J. Caspermeyer, Interviewer)
- Hildebrandt, J., Bezama, A., & Thrän, D. (2017). Cascade use indicators for selected biopolymers: Are we aiming for the right solutions in the design for recycling of bio-based polymers? *Waste Management & Research*, 35, 367-378. doi:10.1177/0734242X16683445
- Hugé, J. (2015). *Duurzaamheid in onderzoek*. Milieuintegratie- en Subsidiëringen . Brussel: Departement Leefmilieu, Natuur en Energie.
- Iwata, T. (2015). Biodegradable and Bio-Based polymers: Future Propects of Eco-Friendly Plastics. *Sustainable Chemistry*, 54, 3210-3215. doi:10.1002/anie.201410770
- Juraschek, M., Becker, M., Thiede, S., Kara, S., & Herrmann, C. (2019). Life Cycle Assessment for the comparison of urban and non-urban produced products. *Procedia CIRP*, 80, 405-410. doi:10.1016/j.procir.2019.01.017
- Luxottica. (2020). *Visual well-being - IA Sustainable Product Development*. Opgeroepen op februari 5, 2020, van Luxottica: <http://www.luxottica.com/en/visual-well-being-ia-sustainable-product-development>
- Mendoza, J. M., Sharmina, M., Gallego-Schmid, A., Heyes, G., & Azapagic, A. (2017). Integrating Backcasting and Eco-Design for the Circular Economy. *Journal of Industrial Ecology*, 21, 3. doi:10.1111/jiec.12590
- Mestre, A., & Cooper, T. (2017). Circular Product Design. A Multiple Loops Life Cycle Design Approach for the Circular Economy. *The Design Journal*, 20(1), S1620-S1635. doi:10.1080/14606925.2017.1352686
- Millar, N., McLaughlin, E., & Börger, T. (2019). The Circular Economy: Swings and Roundabouts? *Ecological Economics*, 158, 11-19. doi:10.1016/j.ecolecon.2018.12.012
- Musgrave, C. S., & Fang, F. (2019). Contact Lens Materials: A Materials Science Perspective. *Materials*, 12(2), 261. doi:doi.org/10.3390/ma12020261
- Nehrenheim, E. (2014). Waste Management: Introduction. *Earth Systems and Environmental Sciences*. doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.09166-1
- Ophthalmology Worldwide. (2020). *Schenk een bril*. Opgeroepen op februari 25, 2020, van Ophthalmology Worldwide: <http://www.opthalmologyworldwide.org/schenken/schenk-een-bril.html>
- Park, I. N., Kwon, M.-s., Park, J.-w., Lee, K.-S., Jung, M.-A., & Lee, H.-J. (2018). Survey on a Disposal Method of Contact Lenses after Use. *The Korean Journal of Vision Science*, 553-560.
- REIZ GERMANY. (2020). *REIZ GERMANY Brillen*. Opgeroepen op maart 4, 2020, van Made in Germany: <https://www.reiz.net/en/brand/>
- Rolf Spectacles. (2020). *Handcrafted: Production of high-quality Wooden Glasses*. Opgeroepen op maart 3, 2020, van Rolf Spectacles: Sustainable: <https://www.rolf-spectacles.com/en/sustainable>
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, 542-559. doi:10.1016/j.jclepro.2018.10.014

- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48-56. doi:10.1016/j.envdev.2015
- Smol, M., Kulczycka, J., & Avdiushchenko, A. (2017). Circular economy indicators in relation to eco-innovation in European regions. *Clean Techn Environ Policy*, 19, 669-678. doi:10.1007/s10098-016-1323-8
- Talba Nederland. (2020). *Green Deals*. Opgeroepen op januari 24, 2020, van Talba: <https://www.bausch.nl/professionals/onze-producten/contactlenzen/biotrue-oneday-contactlenzen/>
- Tate, W. L., Bals, L., Bals, C., & Foerstl, K. (2019). Seeing the forest and not the trees: Learning from nature's circular economy. *Resources, Conservation & Recycling*, 149, 115-129. doi:10.1016/j.resconrec.2019.05.023
- Thakur, S., Chaudhary, J., Sharma, B., Verma, A., Tamulevicius, S., & Thakur, V. K. (2018). Sustainability of bioplastics: Opportunities and challenges. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13:68-75. doi:10.1016/j.cogsc.2018.04.013
- W.R.Yuma. (2020). *Circular*. Opgeroepen op januari 25, 2020, van W.R.Yuma: <https://www.wryuma.com/pages/circular>
- World commission on environment and development. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. UN Documents , United Nations .
- Yeung, K. K., & Davis, R. (2019). The environmental impact of contact lens waste. *Contact Lens Spectrum*, 34, 27-30.