



CO₂-reductie met circulaire kunststoffen in Nederland

Scenario-analyse voor 2030 en
diverse praktijkcases



Committed to the Environment

CO₂-reductie met circulaire kunststoffen in Nederland

Scenario-analyse voor 2030 en diverse praktijkcases

Dit rapport is geschreven door:
Geert Bergsma, Martijn Broeren, Meis Uijttewaal

Delft, CE Delft, oktober 2021

Publicatienummer: 21.210236.145

Kunststoffen / Kooldioxide / Reductie / Scenario's

Opdrachtgever: Plastic Europe Nederland en Federatie NRK

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Geert Bergsma (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	6
	Management summary	11
	Summary	13
1	Introductie	18
2	Methode en uitwerking scenario's	21
	2.1 Materiaalstromen - kunststoffen	22
	2.2 Materiaalstromen - rubber	23
3	Resultaten kunststoffen	25
	3.1 Totale klimaatimpact	25
	3.2 Klimaatimpact per kg kunststof	26
	3.3 Bijdrage van losse ontwikkelingen	27
4	Resultaten rubber	30
	4.1 Totale klimaatimpact	30
	4.2 Klimaatimpact per kg rubber	31
5	Discussie en conclusies	34
	5.1 Beperkingen en onzekerheden	34
	5.2 Conclusies en aanbevelingen	34
6	Literatuur	36
A	Details praktijkcases	38
	A.1 Plantenpotten van gerecycled materiaal	38
	A.2 Plastic broodverpakking vs. papieren broodverpakking	40
	A.3 Brandstofbesparing door lagere rolweerstand autobanden	41
	A.4 Lichtgewicht vliegtuigen	43
	A.5 Keukenapparatuur met biobased materiaal	45
	A.6 Chemische recycling broomhoudend EPS	47



B	Details scenario's	49
	B.1 Materiaalstromen - kunststoffen	49
	B.2 Materiaalstromen - rubber	50
	B.3 Carbon footprints - kunststoffen	52
	B.4 Carbon footprints - rubber	54
	B.5 Omzetting tot eindproducten - kunststoffen	55
	B.6 Omzetting tot eindproducten - rubber	56



Managementsamenvatting

De Nederlandse rubber- en kunststofindustrie zet zich actief in om haar milieu-impact te verminderen. Dat wil de sector onder andere bereiken door het terugbrengen van de CO₂-uitstoot, het voorkomen van het weglekken van kunststoffen naar de natuur en het verminderen van het gebruik van niet-hernieuwbare grondstoffen. De Transitieagenda Kunststoffen vormt hiervoor de basis. Deze beschrijft de maatregelen die nodig zijn om de beoogde vermindering van het gebruik van fossiele grondstoffen in 2030 te bereiken door onder andere de inzet van veel meer gerecycled en biobased kunststof in 2030. Hierdoor zijn er minder nieuwe fossiele kunststoffen nodig en worden meer afgedankte kunststofproducten verzameld voor recycling, in plaats van verbrand voor energie.

In opdracht van Federatie NRK en PlasticsEurope Nederland heeft CE Delft de verwachte vermindering van de CO₂-uitstoot van de productie en de afdanking van rubber- en kunststofproducten in Nederland onderzocht. Er is gebruik gemaakt van twee soorten analyses:

- Eerst zijn verschillende **scenario's** voor 2030 uitgewerkt. Gekeken is naar het effect van de verduurzamingsopties op de CO₂-emissies die worden veroorzaakt door het gebruik van kunststof in 2030 in Nederland (productie, fabricage van het eindproduct en afdanking na gebruik). Zowel de effecten van mechanische en chemische recycling, als de inzet van biobased kunststoffen en verwachte efficiëntieverbeteringen zijn daarin meegenomen.
- Daarnaast is een aantal **praktijkcases** geanalyseerd die CO₂-voordelen van de toepassing van rubber en kunststof in specifieke producten illustreren. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van kunststof om vliegtuigen lichter te maken, waarmee brandstof bespaard wordt.

Resultaten scenario's

- Het is mogelijk om de CO₂-uitstoot per gebruikte kilogram kunststof in Nederland te halveren als het streefbeeld uit de Transitieagenda voor 2030 wordt gerealiseerd.
- Op basis van de ambities zoals geschetst in de Transitieagenda is de inschatting dat de emissiereductie voor het totale gebruik van kunststof in Nederland uitkomt op circa 2 Megaton CO₂ per jaar. Dit komt overeen met een besparing van 11 miljard vliegtuigkilometers of met 4% van de uitstoot van de hele Nederlandse industrie.
- De CO₂-emissies per kilogram rubber zullen tussen 2020 en 2030 naar verwachting met ongeveer 15 tot 20% afnemen.

Conclusies

De in de studie beschreven toekomstscenario's combineren de huidige kennis over de sector en haar producten met verwachtingen en aannames over de toekomstige ontwikkelingen. Ondanks de aanwezige onzekerheden is er een aantal duidelijke conclusies te trekken:

- Door efficiëntere productie en de inzet van veel meer gerecycled en biobased materiaal is het mogelijk om de CO₂-emissies van het Nederlandse gebruik van rubber en kunststof sterk te verminderen. Dit vergt een grote omschakeling van alle partijen in de sector.
- Rubber en kunststof kunnen in specifieke toepassingen duidelijke (indirecte) CO₂-voordelen bieden. Kunststofverpakkingen kunnen bijvoorbeeld voedselverlies beperken en daarmee CO₂-emissies verminderen. Daarnaast worden voertuigen steeds zuiniger,

vanwege gewichtsbesparing door kunststof en het gebruik van brandstofbesparende rubberbanden.

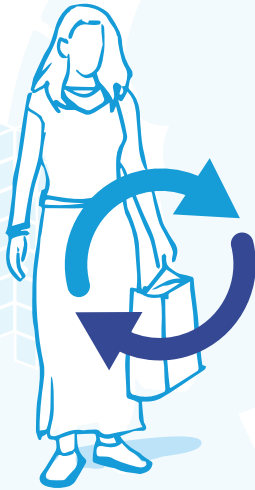
- Om de ambitie zoals geschetst in de Transitieagenda te kunnen realiseren is het noodzakelijk om nagenoeg alle afgedankte kunststofproducten in te zamelen en in te zetten voor recycling. Hiervoor zullen meer en betere inzamel- en recyclingsystemen moeten worden opgezet, bijvoorbeeld voor afgedankte kozijnen, autobumpers en consumentenproducten.
- Daarnaast is het essentieel dat de overheid, liefst op Europees niveau, bijdraagt door duidelijke doelstellingen en regels te formuleren en de transitie actief te faciliteren. Een snelle omschakeling is alleen mogelijk met steviger overheidsbeleid, bijvoorbeeld in de vorm van een verplicht aandeel recycalaat in producten en het faciliteren en verplichten van de inzameling en recycling van afgedankte kunststoffen.



2

mIn ton kunststof

jaarlijks gebruikt in Nederland



CO₂-reductie met circulaire kunststoffen in Nederland

In deze studie kijken we naar de verwachte vermindering van de CO₂-emissies van het Nederlandse gebruik van rubber en kunststof in 2030 aan de hand van twee scenario's.

Scenario 2030 Autonome ontwikkeling

In dit scenario verdubbelt de inzet van mechanisch gerecycled kunststof ten opzichte van 2018. Ook wordt er ca. 100 kton chemisch gerecycled kunststof ingezet.

Scenario 2030 Geüpdatete Transitieagenda

Uitgangspunt: de Transitieagenda Kunststoffen. Er wordt 4 keer zoveel mechanisch recycklaat en 200 kton chemisch recycklaat ingezet. 15% van de kunststoffen wordt uit biomassa geproduceerd.



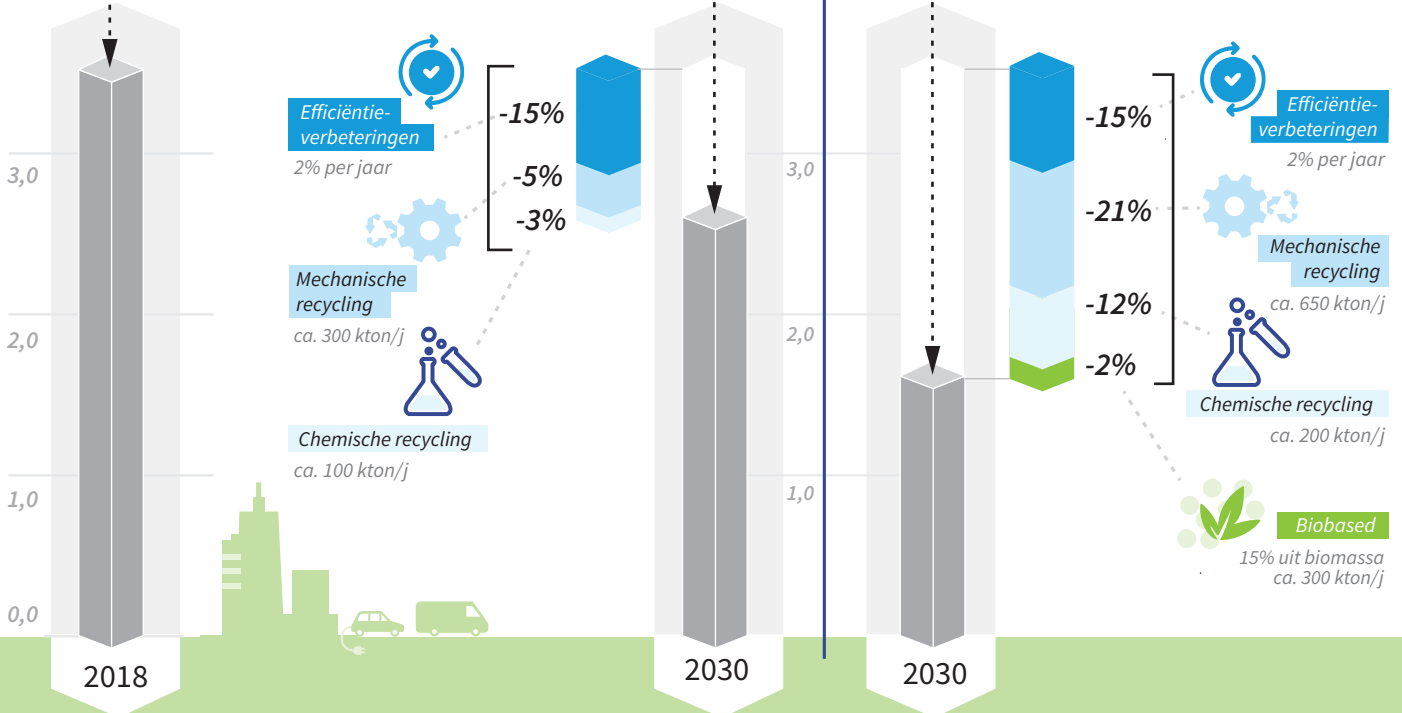
2018

3,7 kg CO₂-eq./ kg plastic

-23% 2,9 kg CO₂-eq./ kg plastic

1,9 kg CO₂-eq./ kg plastic

-50%



CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN:



- Om de ambitie zoals geschetst in de Transitieagenda te kunnen realiseren, is het noodzakelijk om nagenoeg alle afgedankte kunststofproducten in te zamelen en in te zetten voor recycling.



- Het is essentieel dat de overheid, liefst op Europees niveau, bijdraagt door duidelijke doelstellingen en regels te formuleren en de transitie actief te faciliteren. (Bijvoorbeeld in de vorm van een verplicht aandeel recycklaat in producten en verplichte inzameling van afgedankte kunststoffen).

6 cases *Rubbers en kunststoffen kunnen op twee verschillende manieren bijdragen aan een lagere klimaatimpact*

Bij de productie en afvalverwerking:

Duurzame vormen van rubbers en kunststoffen, zoals biobased kunststoffen en kunststof recycleat, kunnen virgin kunststoffen of andere materialen vervangen. Daarnaast is de recycling van kunststoffen en het inzetten van recycleat duurzamer dan verbranding met energieretugwinning.



1. Plantenpotten

Sector: Consumentenproducten

-58%



Elho gebruikt mechanisch gerecycled plastic als grondstof. Een Elho plantenpot van gerecycled PP heeft een 58% lagere CO₂-footprint dan een plantenpot van virgin PP.



2. Broomhoudend EPS

Sector: Bouw

-47%



Broomhoudend EPS (piepschuim) in bouwafval wordt vaak verbrand met energie- terugwinning. Verwerking van EPS met het PS Loop-proces (door middel van oplossen) heeft een 47% lagere CO₂-footprint.



3. Keukenapparatuur

Sector: Electronica

-24%



In een nieuwe collectie keukenapparatuur past Philips biobased PP toe in plaats van virgin PP. De CO₂-footprint van een koffiezetapparaat met biobased PP ligt 24% lager.

Tijdens de gebruiksfase:

De inzet van rubbers en kunststoffen kan ervoor zorgen dat producten in de gebruiksfase duurzamer zijn, bijvoorbeeld doordat er minder brandstof verbruikt wordt of doordat voedselverspilling wordt verminderd.

4. Broodverpakkingen

Sector: Verpakkingen

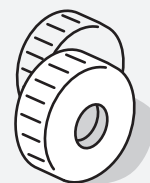
-89%



Bij voedsel is de CO₂-footprint van voedselverspilling vaak groter dan die van de verpakking. Bij een gistbroodje zorgt een PP verpakking voor een veel lagere voedselverspilling dan een papieren verpakking, waardoor de CO₂-footprint 89% lager ligt.

5. Autobanden

Sector: Automotive



Het verlagen van de rolweerstand van banden zorgt voor een brandstofbesparing van voertuigen. De CO₂-footprint van de brandstofbesparing door banden met rolweerstandlabel A te gebruiken ligt tussen de 780 en 1.080 kg CO₂-eq. voor de gehele levensduur.

6. Lichtgewicht vliegtuigen

Sector: Automotive

-20%



Bij voertuigen is het brandstofgebruik van veel grotere invloed op de CO₂-footprint dan de materialen. 50% koolstofcomposiet i.p.v. aluminium en staal, kan vliegtuigen 20% lichter maken. Hierdoor wordt 130 tot 260 kton CO₂-uitstoot bespaard.

Samenvatting

De beoogde verduurzaming van de rubber- en kunststofsector is complex en kent vele facetten. De Nederlandse industrie wil haar CO₂-uitstoot terugbrengen, de weglek van kunststof naar de natuur voorkomen en het gebruik van niet-hernieuwbare grondstoffen verminderen. Naast het voortdurend verbeteren van de efficiëntie van de productie is er een aantal plannen om kunststofgebruik in Nederland te verduurzamen. Het overkoepelende plan is de Transitieagenda Kunststoffen. De Transitieagenda beoogt dat in 2030 40% van alle kunststof producten uit gerecyclede kunststoffen wordt geproduceerd en er 15% biobased kunststoffen wordt toegepast. Op dit moment is het gemiddeld aandeel recyclelaat in kunststoffen ongeveer 10% en biobased circa 1%. Ook zijn er onder andere doelstellingen voor efficiëntieverbetering van de productieprocessen en is er het Single Use Plastic-beleid dat er op gericht is het weglekken van plastic naar de natuur terug te dringen.

Een belangrijk doel van al deze activiteiten is het verlagen van de klimaatimpact van de plastic keten. Door meer gerecycled en biobased kunststof te gebruiken wordt er minder nieuw fossiel ('virgin') kunststof gemaakt en worden ook meer afgedankte producten ingezet voor recycling in plaats van verbrand. PlasticsEurope Nederland en de brancheorganisatie NRK (Federatie Nederlandse Rubber- en Kunststofindustrie) hebben CE Delft gevraagd om te evalueren of met al deze plannen een substantiële CO₂-emissiereductie gerealiseerd wordt.

In deze analyse onderzoeken we de CO₂-uitstoot van de rubber- en kunststofsector in Nederland. We gebruiken hiervoor twee soorten analyses:

- We maken **scenario's** voor 2030. Hiermee onderzoeken we het effect van verduurzamingsopties op de CO₂-emissies van het Nederlandse gebruik van kunststof in 2030 (productie, omzetting tot eindproduct en afdanking na gebruik). We kijken naar mechanische en chemische recycling, biobased kunststof en efficiëntieverbeteringen van de productieprocessen. De scenario's zijn samen met PlasticsEurope en de NRK opgesteld. In deze analyse zijn de mogelijke klimaatvoordelen van kunststof en rubber in de gebruiksfase niet meegenomen.
- We bespreken **praktijkcases** die illustreren welke CO₂-voordelen rubber en kunststof in specifieke producten bieden. Zo kan er bijvoorbeeld brandstof bespaard worden als vliegtuigen steeds lichter worden door de inzet van kunststof.

Twee kunststofscenario's: Autonome Ontwikkeling en Geüpdatete Transitieagenda

We hebben twee scenario's opgesteld voor het Nederlandse kunststofgebruik in 2030. Het scenario 'Autonome Ontwikkeling' is gebaseerd op een recente inschatting van PlasticsEurope Nederland voor het gebruik en de afdanking van kunststof in 2030 indien het beleid niet wordt aangescherpt.

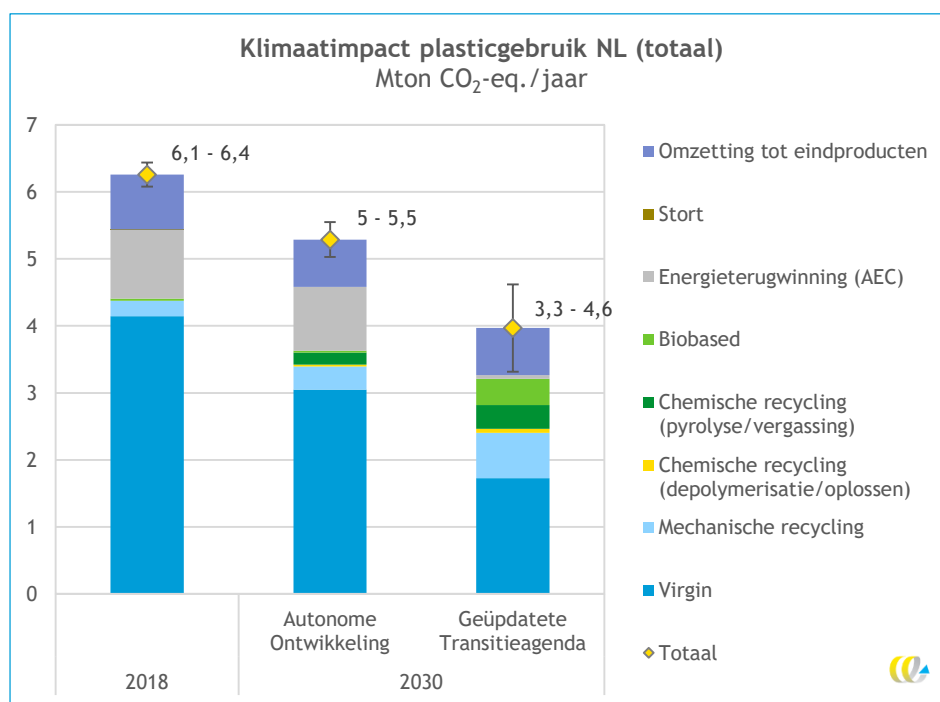
Er wordt hierbij aangenomen dat de hoeveelheid mechanisch gerecycled materiaal toeneemt, en dat er een start gemaakt wordt met chemische recycling aanvullend op mechanische recycling. De belangrijkste limiterende factor in dit scenario is echter de suboptimale inzameling en sortering van de plastics in de afvalstromen, waardoor deze niet ingezet kunnen worden voor recycling.



In het scenario 'Geüpdatete Transitieagenda' analyseren we een hogere ambitie voor de productie en inzet van gerecycled en biobased materiaal. Hierin wordt dezelfde totale hoeveelheid kunststof gebruikt en afgedankt als in het eerste scenario, maar wordt voor de inzet van gerecycled en biobased materiaal aangesloten bij de Transitieagenda (I&W/EZK, 2018). Concreet houdt dit in dat de inzet van mechanisch en chemisch gerecycled materiaal ongeveer verdubbelt ten opzichte van het scenario 'Autonome Ontwikkeling' en dat er meer biobased kunststof wordt toegepast.

De analyse richt zich op het Nederlandse gebruik van kunststof van ca. 2.000 kiloton (kton) in 2018 en naar verwachting ca. 2.150 kton in 2030. We berekenen de klimaatimpact van de productie, omzetting tot eindproducten en (end-of-life) afdanking van kunststof in alle productgroepen. Indirecte effecten in de gebruiksfase of door het vervangen van andere materialen zijn hierin niet meegenomen. Figuur 1 laat de klimaatimpact zien voor 2018 en voor beide 2030-scenario's.

Figuur 1 - Totale klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststof (productie, omzetting tot eindproducten, en afdanking) voor 2018 en 2030, Megaton CO₂-eq./jaar

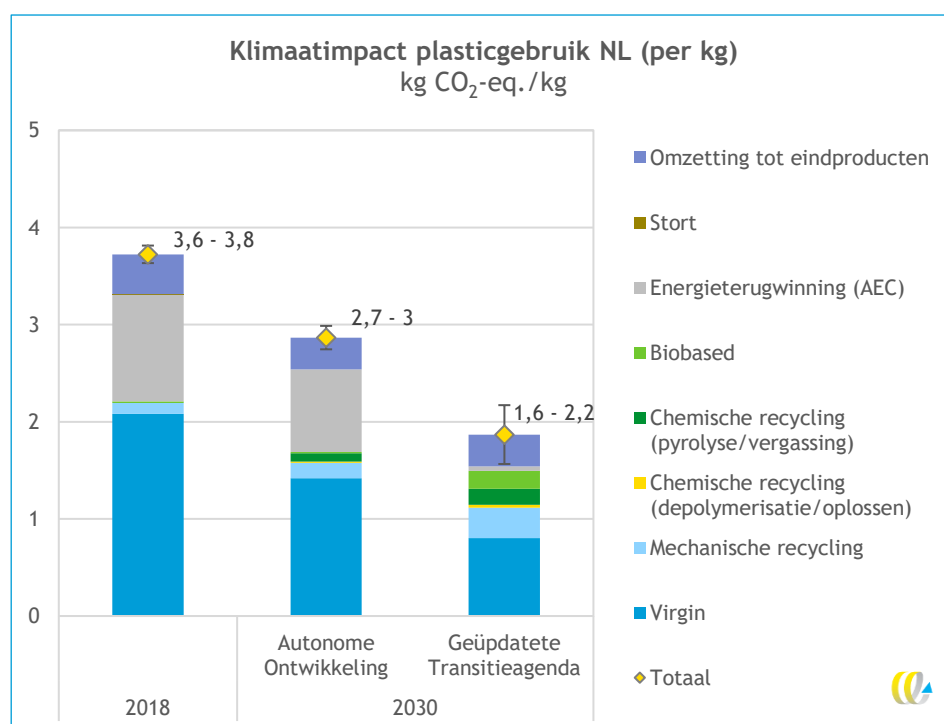


Voor 2018 komt de klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststof uit op ca. 6,1 tot 6,4 Megaton (Mton) CO₂-eq. per jaar. In het scenario Autonome Ontwikkeling wordt ongeveer dubbel zoveel recycleat uit mechanische recycling ingezet als in 2018 (332 kton), en wordt zo'n 100 kton aan chemisch gerecycled materiaal gebruikt. Hierdoor is er minder virginmateriaal nodig, en moet er ook meer afvalmateriaal op zo'n manier worden ingezameld dat het kan worden ingezet voor recycling. Het effect van deze ontwikkelingen is dat de geschatte klimaatimpact op ca. 5,0 tot 5,5 Mton CO₂-eq. per jaar uitkomt. Deze daling, van ongeveer 14 tot 17%, vindt plaats ondanks een toename in het totale gebruik van kunststoffen van zo'n 8%.

In het scenario Geüpdatete Transitieagenda is de inzet van gerecycled materiaal in 2030 nog eens ongeveer twee keer zo hoog als in het scenario Autonome Ontwikkeling. Hierdoor halveert het gebruik van virgin plastics ten opzichte van 2018, en belanden er nog nauwelijks kunststoffen in de afvalenergiecentrales (AEC's). Vrijwel alle kunststof dat vrijkomt als afval moet dan dus gescheiden worden voor recycling. Daarnaast wordt ook 15% van de behoefte aan nieuw kunststof vervuld met biobased materiaal. De klimaatimpact van Nederlands gebruik daalt hiermee tot zo'n 3,4 tot 4,5 Mton CO₂-eq. per jaar, een reductie van 30 tot 44%. Deze reductie komt overeen met 11 miljard vliegtuigkilometers of 4% van de uitstoot van de hele Nederlandse industrie.

In Figuur 2 zijn de resultaten uitgedrukt per kilogram kunststof. Hier is te zien dat het scenario Autonome Ontwikkeling ervoor zorgt dat de klimaatimpact per kg kunststof daalt met ca. 23 tot 27%. Het scenario Geüpdatete Transitieagenda zorgt ervoor dat de klimaatimpact per kg kunststof daalt met ca. 44 tot 56%. Als alles uit de kast gehaald wordt, is het per kg kunststof dus mogelijk om het Parijsdoel van 50%-reductie te halen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het Parijsdoel is opgesteld voor de gehele economie en voor productie. Hier gaat het om consumptie en is het uitgedrukt per kg materiaal.

Figuur 2 - Klimaatimpact per kg kunststof in Nederland (productie, omzetting tot eindproducten en afdanking), kg CO₂-eq./kg voor 2018 en 2030



Met drie in deze studie uitgewerkte praktijkcases (plantenpotten, koffiezetapparaat en chemische recycling van EPS piepschuim) over mechanische en chemische recycling en biobased kunststoffen illustreren we hoe deze opties in de praktijk doorwerken.

Rubber

De Transitieagenda bevat geen doelen of prognoses voor het gebruik van rubber. Het totale gebruik van rubber is met 88 kton per jaar ook veel kleiner dan het gebruik van kunststoffen (ca. 2.000 kton per jaar). Daarom is rubber niet meegenomen in de analyse voor kunststoffen zoals hierboven beschreven. Rubber is echter wel een soort kunststof. We hebben daarom een aparte analyse voor rubber gedaan op basis van gegevens van RecyBEM (onderdeel van NRK). Door grotere onzekerheid in de gegevens is deze analyse vooral illustratief en ter aanvulling van de analyse van kunststofsector. Uit de analyse van rubber blijkt dat de totale klimaatimpact toeneemt van 257 tot 289 kton CO₂-eq. in 2020 tot 261 tot 311 kton CO₂-eq. in 2030, een toename van zo'n 2 tot 7%. Deze toename wordt veroorzaakt doordat de rubberconsumptie toeneemt en daarmee de klimaatimpact van de omzetting tot eindproducten. De klimaatimpact per kg rubber neemt wel af met ongeveer 15 tot 20% tussen 2020 en 2030.

Kunststof in gebruik heeft ook effecten: analyses van cases

De scenario's over het Nederlandse gebruik van kunststof en rubber vertellen nog niet het hele verhaal. Op veel plekken in de economie helpen kunststof en rubbers om andere ketens te verduurzamen. Zo maakt kunststof voertuigen lichter waardoor ze zuiniger worden en kunnen kunststofverpakkingen voedselverspilling voorkomen. In drie praktijk-cases illustreren we hoe deze effecten de klimaatimpact over de gehele levenscyclus van een product kunnen beïnvloeden.

- In de case over de broodverpakking laten we zien dat de klimaatimpact van voedselverspilling en verpakking 89% lager ligt bij een verpakking van polypropyleen dan bij een verpakking van papier.
- In de case over lichtgewicht vliegtuigen laten we zien dat het toepassen van 50% koolstofcomposiet in vliegtuigen resulteert in een klimaatimpactreductie van tussen de 130 en 260 kton CO₂-eq. over de gehele levensduur van een vliegtuig.
- In de case over de rolweerstand van autobanden laten we zien dat een auto met banden met label A een klimaatimpact heeft die 780 tot 1.080 kg CO₂-eq. lager ligt dan eenzelfde auto met banden met label E, F of G.

Bevindingen en conclusies

De hier onderzochte scenario's zijn bedoeld om op macroniveau te kijken naar hoe verschillende ontwikkelingen (volume, efficiëntie en nieuwe productie- en recycling-technologieën) de klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststof beïnvloeden. Ze zijn zorgvuldig samengesteld met recente data, maar ook deels gebaseerd op voorspellingen en aannames, waardoor ze ook onzekerheden bevatten. De scenario's moeten derhalve worden gezien als richtinggevend. Ook is het zo dat we ons hier gericht hebben op de klimaatimpact. Andere milieueffecten, waaronder de verspreiding van kunststof naar de natuur en de bijdrage aan microplastics in het milieu, zijn niet onderzocht. Ondanks deze onzekerheden en beperkingen leiden de huidige analyses tot een aantal relevante inzichten.

We zien dat het mogelijk is om de klimaatimpact van kunststoffen aanzienlijk te verminderen, als alle acties uit de Transitieagenda worden doorgevoerd. In dit scenario daalt de klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststof met zo'n 30 tot 45%. Uitgedrukt per kg kunststof kan de reductie oplopen tot boven de 50%. Om dit voor elkaar te krijgen moet invulling worden gegeven aan de actieplannen en is het nodig dat zowel de overheid als bedrijven hun beleid aanscherpen. Het is noodzakelijk dat de overheid, liefst op Europees niveau, bijdraagt door duidelijke doelstellingen en beleid te formuleren en



consumenten en industrie te faciliteren bij de implementatie hiervan. Een snelle omschakeling is alleen mogelijk met steviger overheidsbeleid, bijvoorbeeld in de vorm van een verplicht aandeel recyclelaar in kunststof producten en verplichte inzameling van afgedankte kunststoffen.

Bij het doortrekken van het huidige beleid wordt waarschijnlijk slechts een beperkte reductie van tussen de 14 en 17% gerealiseerd. Dit is met name het gevolg van een beperkte beschikbaarheid van plastics ten behoeve van recycling.

Vrijwel al het afvalplastic moet worden ingezet voor recycling om de 2030-ambitie te halen

Zoals al aangegeven blijkt uit de scenario's dat de beschikbaarheid van recyclebaar materiaal een knelpunt kan worden. Kunststof wordt steeds meer toegepast in producten met een lange levensduur zoals bouwwerken, buisleidingen en auto's, waardoor het lang kan duren voordat het weer als recyclebaar materiaal beschikbaar komt. Het doel uit de Transitieagenda om 40% recyclelaar in te zetten, betekent dat bijna al het kunststof afval dat beschikbaar is moet worden gerecycled. Dit is theoretisch mogelijk maar loopt aan tegen praktische grenzen. Overwogen zou kunnen worden om toe te staan dat een deel van de recyclelaardoelen ook ingevuld mag worden met iets meer biobased plastic (bijvoorbeeld 25% in plaats van 15%). Dit past binnen de wens om biomassa meer als materiaal in te zetten dan als energie en maakt forse verduurzaming van plastic net iets makkelijker. Ook hierbij blijft het echter noodzakelijk om de beschikbaarheid c.q. inzet van plastics ten behoeve van recycling significant te vergroten door optimalisatie van inzamel- en sorteersystemen.

Management summary

The rubber and plastics industry in the Netherlands is actively working on reducing its environmental impact. The sector intends to achieve this by reducing CO₂ emissions, by avoiding the release of plastics into the environment and by reducing the use of raw materials, among other things. The Plastics Transition Agenda forms the basis for this. The Transition Agenda describes the sustainability measures required to reduce CO₂ emissions and raw material use, through the use of much more recycled and bio-based plastics by 2030. Consequently, less new fossil plastics are needed and many more end-of-life plastic products are collected for recycling instead of being incinerated for energy.

CE Delft was commissioned by the NRK federation (Federatie Nederlandse Rubber- en Kunststofindustrie) and PlasticsEurope Netherlands to study the CO₂ emission reductions of the rubber and plastics industry in the Netherlands. Two types of analysis were used:

- First, several **scenarios** for 2030 were developed. The impact of sustainability options on the CO₂ emissions from the use of plastic in the Netherlands in 2030 (production, conversion to finished product and disposal after use) was examined. This includes the impact of mechanical and chemical recycling as well as the use of bio-based plastics and efficiency improvements.
- **Practical cases** were then analysed that illustrate the CO₂ benefits of rubber and plastics in specific products. One example is the use of plastic to make aircraft lighter, thereby saving fuel.

Scenario results

- It is possible to halve CO₂ emissions per kilogram of plastic used in the Netherlands if the targets set out in the Transition Agenda for 2030 are achieved.
- Based on the ambitions in the Transition Agenda, it is estimated that the emission reduction for the total use of plastics in the Netherlands amounts to approximately 2 Megaton CO₂ per year. This corresponds to a saving of 11 billion aircraft kilometres or 4% of the emissions of the entire Dutch industry.
- CO₂ emissions per kilogram of rubber are expected to decrease by about 15-20% between 2020 and 2030.

Conclusions

The scenarios combine current knowledge about the sector with expectations and assumptions for the future. Despite the uncertainties, a number of clear conclusions can be drawn:

- It is possible to significantly reduce the CO₂ emissions from the use of rubber and plastics in the Netherlands through more efficient production and the use of much more recycled and bio-based materials. This will require a major transition for all parties in the sector.
- Rubber and plastics can provide clear direct and indirect CO₂ benefits in specific applications. Plastic packaging, for example, can reduce food loss. Vehicles are also becoming increasingly economical, due to weight reduction through plastics and better rubber tyres.



- It is necessary to start collecting and recycling practically all discarded plastic products in order to achieve the target set in the Transition Agenda. More recycling systems need to be set up, e.g. for end-of-life window frames, car bumpers and consumer products.
- It is also essential for the government, preferably at European level, to contribute by formulating clear objectives and rules. A swift transition is only possible with stronger government policies, such as an obligatory share of recyclate in products and obligatory collection of discarded plastics.



Summary

Increasing the sustainability of the rubber and plastics sector is complex and multifaceted. The Dutch industry aims to reduce its CO₂ emissions, prevent the release of plastics into the environment and reduce the consumption of raw materials. There are several plans in place to make plastic use in the Netherlands more sustainable, in addition to continually improving the efficiency of production. The overarching plan is the Plastics Transition Agenda. According to the Transition Agenda, 40% of all plastic products will be produced from recycled plastics and 15% from bio-based plastics by 2030. The share of recycle in plastics is currently about 10% and bio-based about 1%. There are also targets for improving the efficiency of production processes and there is the Single Use Plastic policy, which aims to reduce the introduction of plastic into the environment.

An important goal of all these activities is to reduce the climate impact of the plastic chain. By increasing the use of recycled and bio-based plastics, less new fossil ('virgin') plastic is produced and more end-of-life products are collected for recycling instead of being incinerated. PlasticsEurope Netherlands and the Dutch rubber and plastics industry federation NRK (Federatie Nederlandse Rubber- en Kunststofindustrie) have asked CE Delft to assess whether all these plans will lead to substantial CO₂ emission reductions.

The CO₂ emissions of the rubber and plastics sector in the Netherlands are examined in this analysis. Two types of analysis are used for this purpose:

- We prepare **scenarios** for 2030. In doing so, we are examining the impact of sustainability options on the CO₂ emissions from the use of plastic in the Netherlands in 2030 (production, conversion to finished product and disposal after use). We are looking at mechanical and chemical recycling, bio-based plastics and efficiency improvements. The scenarios were drawn up in collaboration with PlasticsEurope and the NRK. This analysis does not include the potential climate benefits of plastics and rubber in the use phase.
- We discuss **practical cases** that illustrate the CO₂ benefits of rubber and plastics in specific products. Fuel can for instance be saved if aircraft are made increasingly lighter through the use of plastic.

Two plastic scenarios: Autonomous Development and Updated Transition Agenda

We have drawn up two scenarios for the use of plastics in the Netherlands in 2030. The 'Autonomous Development' scenario is based on a recent estimate by PlasticsEurope Netherlands for the use and disposal of plastics in 2030.

It is assumed that the amount of mechanically recycled material increases, and that chemical recycling is started to complement mechanical recycling. However, the most important limiting factor of this scenario is the suboptimal collection and sorting of waste plastics, which makes them unavailable for recycling.

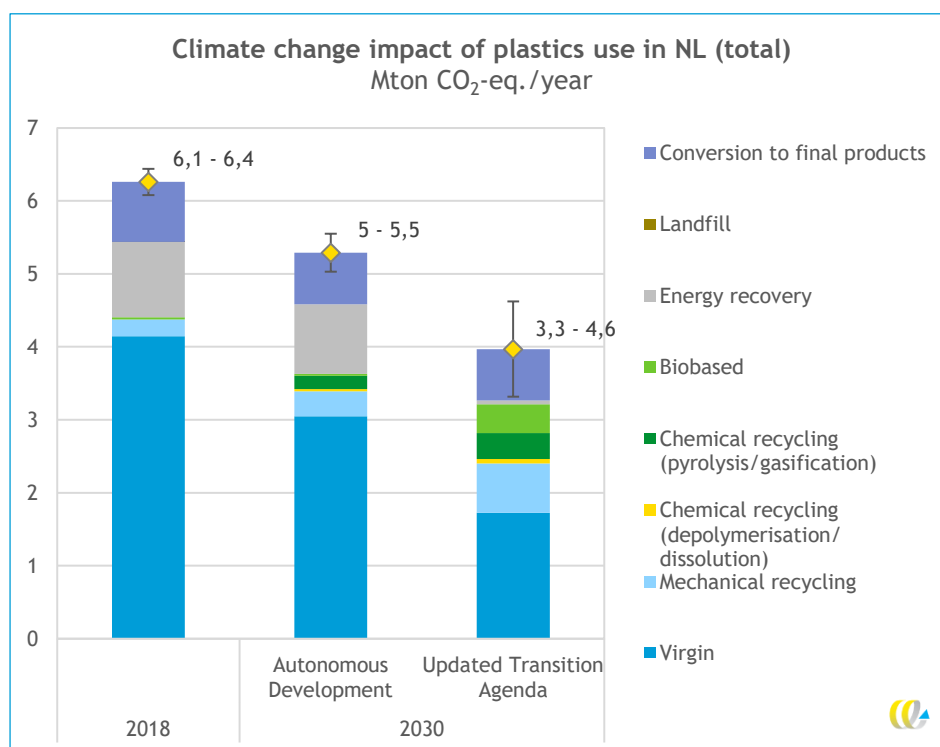
In the 'Updated Transition Agenda' scenario, we analyse a higher ambition for the use of recycled and bio-based materials. The same total quantity of plastic is used and disposed of as in the first scenario, but the use of recycled and bio-based materials is in line with the Transition Agenda. In specific terms, this means that the use of mechanically and



chemically recycled materials will approximately double compared to the 'Autonomous Development' scenario and that more bio-based plastics will be used.

The analysis focuses on the use of plastic in the Netherlands of about 2,000 kilotons (kt) in 2018, which is expected to rise to about 2,150 kt in 2030. We calculate the climate change impact of the production, conversion to finished products and end-of-life disposal of plastics in all product groups. Indirect effects in the use phase or through substitution of other materials are not included. Figure 1 shows the climate impact for 2018 and for both 2030 scenarios.

Figure 3 - Total climate impact of the use of plastics in the Netherlands (production, conversion into finished products, and disposal) for 2018 and 2030, Megaton CO₂-eq./year



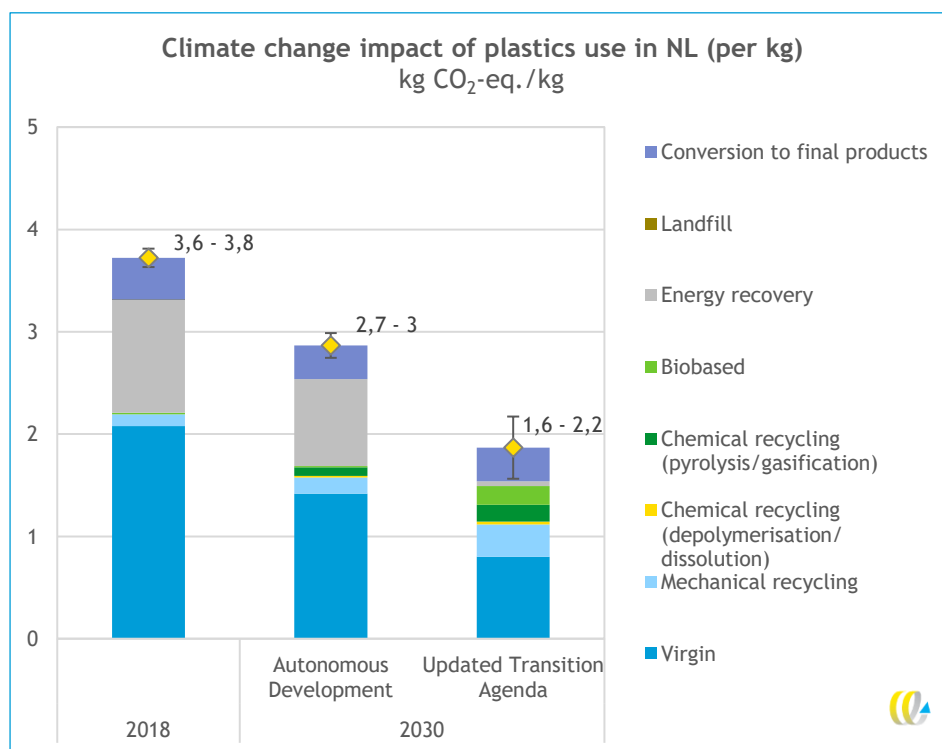
For 2018, the climate change impact of the use of plastics in the Netherlands was around 6.1 to 6.4 Megatons (Mt) of CO₂-eq. per year. In the Autonomous Development scenario, about twice as much recycle from mechanical recycling is used as in 2018 (332 kt), and about 100 kt of chemically recycled material is used. Consequently, less virgin material is needed and more waste material needs to be collected for recycling. The effect of these developments is that the estimated climate change impact amounts to about 5.0 to 5.5 Mt CO₂-eq. per year. This decrease, of about 14 to 17%, takes place despite an increase in the total use of plastics of about 8%.

In the Updated Transition Agenda scenario, the use of recycled materials in 2030 is about twice as high as in the Autonomous Development scenario. As a result, the use of virgin plastics will halve compared to 2018, and hardly any plastics will end up in the Waste-to-Energy plants. Virtually all plastics disposed of as waste will therefore have to be separated for recycling. In addition, 15% of the demand for new plastic will be met by bio-based materials. The climate change impact of plastics use in the Netherlands will therefore fall

to about 3.4 to 4.5 Mt CO₂-eq. per year, which is a reduction of 30 to 44%. This reduction corresponds to 11 billion aircraft kilometres or 4% of the emissions of the entire Dutch industry.

In Figure 4 the results are expressed in kilogram of plastic. This shows that the Autonomous Development scenario causes the climate change impact per kg of plastic to decrease by about 23 to 27%. The Updated Transition Agenda scenario reduces the climate impact per kg of plastic by approximately 44 to 56%. If everything is implemented, it will therefore be possible to achieve the Paris Agreement target of a 50% reduction per kg of plastic. It should be noted that the Paris Agreement target was set for the entire economy and for production. This analysis is related to consumption and is expressed in terms of kg of material.

Figure 4 - Climate impact per kg plastic in the Netherlands (production, conversion into finished products and disposal), kg CO₂-eq./kg for 2018 and 2030



We illustrate how these options work in practice with three practical cases (plant pots, coffee machine and chemical recycling of expanded polystyrene) concerning mechanical and chemical recycling and biobased plastics.

Rubber

The Transition Agenda does not contain any targets or forecasts for the use of rubber. The total use of rubber (88 kt per year) is also much smaller than the use of plastics (approx. 2,000 kt per year). Rubber is therefore not included in the analysis for plastics as described above. However, rubber is a type of plastic. We have therefore conducted a separate analysis for rubber based on data from RecyBEM (division of NRK). Owing to

greater uncertainty in the data, this analysis is mainly illustrative and complementary to the analysis for the plastics sector. The analysis of rubber shows that the total climate impact will increase from 257 to 289 kt CO₂-eq. in 2020 to 261 to 311 kt CO₂-eq. in 2030, which is an increase of about 2 to 7%. This increase is due to the fact that rubber consumption is increasing and with that the climate impact of conversion to finished products. The climate impact per kg of rubber will decrease by about 15 to 20% between 2020 and 2030, however.

Plastics in use also have effects: case analysis

The scenarios on the use of plastic and rubber in the Netherlands do not yet tell the full story. Plastics and rubbers help make other chains more sustainable in many places in the economy. For example, plastic makes vehicles lighter and therefore more economical, and plastic packaging can prevent food waste. We illustrate with three practical cases how these effects can influence the climate change impact over the entire life cycle of a product.

- In the case of bread packaging, we show that the climate change impact of food waste and packaging is 89% lower with polypropylene packaging than with paper packaging.
- In the case of lightweight aircraft, we show that applying 50% carbon composite in aircraft results in a climate change impact reduction of between 260 and 130 kt CO₂-eq. over the lifetime of an aircraft.
- In the case of rolling resistance of car tyres, we show that a car with A label tyres has a climate impact that is 780 to 1,080 kg CO₂-eq. lower than the same car with E, F or G label tyres.

Findings and conclusions

The purpose of the scenarios studied here is to look on a macro level at how various developments (volume, efficiency and new production and recycling technologies) influence the climate change impact of the use of plastics in the Netherlands. The scenarios are carefully compiled using recent data, but are also partly based on predictions and assumptions, which means they also contain uncertainties. The scenarios should therefore be seen as guideline. We also focused on the climate change impact. Other environmental impacts, including the release of plastics into nature and the contribution to microplastics in the environment, were not examined. Despite these uncertainties and limitations, the current analyses provide a number of relevant insights.

We can see that it is possible to significantly reduce the climate impact of the use of plastics, if all the actions from the Transition Agenda are implemented. In this scenario, the climate impact of the use of plastic in the Netherlands decreases by about 30 to 45%. When expressed per kg of plastic, the reduction can be more than 50%. For this to happen, the action plans must be implemented and both government and the private sector must get to work. It is essential for the government, preferably at European level, to contribute by formulating clear objectives and by facilitating consumers and industry in the implementation of its policies. A swift transition is only possible with stronger government policies, such as an obligatory share of recycle in plastic products and obligatory collection of discarded plastics.

If the current policy is continued, only a limited reduction of between 14 and 17% is likely. This is mainly caused by the limited availability of plastics for recycling.



Virtually all waste plastic needs to be recycled to meet the ambitions for 2030

The scenarios also show that the availability of recyclable material could become an issue. Plastic is increasingly used in products with a long life cycle such as houses and cars, which means that it can take a long time before this plastic becomes available again as a recyclable material. The Transition Agenda target to meet 40% of the plastics demand with recycling means that almost all available plastic waste must be recycled. In theory this is possible, but in practice there are limitations. It could be considered to allow a part of the recycling targets to be filled in with slightly more bio-based plastic (e.g. 25% instead of 15%). This fits in with the intention to use biomass as a material rather than an energy source and makes it just that little bit easier to make plastic more sustainable. Nevertheless, it remains essential to substantially increase the availability and use of plastics for recycling by optimising collection and sorting systems.



1 Introductie

De beoogde verduurzaming van de rubber- en kunststofsector is complex en kent vele facetten. De Nederlandse industrie wil haar CO₂-uitstoot terugbrengen, de weglek van kunststof naar de natuur voorkomen en het gebruik van niet-hernieuwbare grondstoffen verminderen. Naast het voortdurend verbeteren van de efficiëntie van productieprocessen zijn er een groot aantal plannen om het kunststofgebruik in Nederland meer circulair te maken:

- de Transitieagenda Kunststoffen in het kader van de circulaire economie (Ministerie I&W & Ministerie van EZK, 2018);
- de Roadmap Chemische recycling van het versnellingshuis van VNO-NCW (Rebel Group & VNO-NCW MKB, 2020);
- het Actieplan Biobased Kunststoffen (Transitieteam Kunststoffen, 2020);
- het Actieplan Toepassen Kunststof Recycklaat (Transitieteam Kunststoffen, 2021);
- het Plastic Pact met vrijwillige afspraken met een aantal grote spelers in de markt (Plastic Pact NL, 2019);
- het Europese Single Use Plastic (SUP) directive dat aanstuurt op het stoppen van het toepassen van plastic in een aantal (kleinere) toepassingen (EU, 2019);
- het EU Circular Economy Action Plan dat beoogt de inzet van recycklaat significant te verhogen (EC, 2020);
- de sectordoelestellingen voor jaarlijkse efficiëntieverbetering.

Een belangrijk hoofddoel van al deze circulaire activiteiten is het verlagen van de klimaat-impact van de plastic keten en de chemische industrie. Door meer gerecycled en biobased kunststof te gebruiken wordt er minder nieuw fossiel ('virgin') kunststof gemaakt en worden ook meer afgedankte producten ingezet voor recycling in plaats van verbrand. PlasticsEurope Nederland en de brancheorganisatie NRK (Federatie Nederlandse Rubber- en Kunststofindustrie) hebben CE Delft gevraagd om te evalueren of met al deze plannen een substantiële CO₂-emissiereductie gerealiseerd wordt.

In deze analyse onderzoeken we de CO₂-uitstoot van de rubber- en kunststofsector in Nederland. We gebruiken hiervoor twee soorten analyses:

- We maken **scenario's** voor 2030. Hiermee onderzoeken we het effect van verduurzamingsopties op de CO₂-emissies van het Nederlandse gebruik van kunststof in 2030 (productie, omzetting tot eindproduct en afdanking na gebruik). We kijken naar mechanische en chemische recycling, biobased kunststof en efficiëntieverbeteringen van de productieprocessen. De scenario's zijn samen met PlasticsEurope en de NRK opgesteld.
- We bespreken **praktijkcases** die illustreren welke CO₂-voordelen rubber en kunststof in specifieke producten bieden. Zo kan er bijvoorbeeld brandstof bespaard worden als vliegtuigen steeds lichter worden.

Scenario's van de klimaatimpact van kunststof en rubber richting 2030

In dit onderzoek schatten we de klimaatimpact van het gebruik van kunststoffen en rubbers in Nederland op hoofdlijnen. Dit doen we voor zowel de huidige situatie (gegevens voor 2018-2020) als voor 2030 in verschillende scenario's. In de scenario's wordt een structurele verschuiving naar meer circulaire kunststoffen en rubbers onderzocht. Hiermee wordt duidelijk wat de effecten zijn van een hogere inzet van mechanisch gerecycled, chemisch gerecycled en biobased materiaal.

De inschatting van de klimaatimpact is gebaseerd op levenscyclusanalyse (LCA). Om de klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststoffen en rubbers te bepalen kijken we naar de productie van de plastics, de omzetting tot eindproducten, en de verwerking bij afdanking na gebruik ('end-of-life'). De klimaatimpact ('carbon footprint') meet de bijdrage aan wereldwijde klimaatverandering door de emissies van broeikasgassen zoals CO₂, methaan en lachgas, en wordt uitgedrukt in CO₂-equivalenten (CO₂-eq.). Hoewel het dus om het Nederlandse gebruik gaat, wordt de complete productieketen en end-of-life van kunststof-/rubberproducten meegenomen, ook als deze in het buitenland plaatsvindt.

Indirecte effecten bij specifieke toepassingen niet meegenomen

Wanneer kunststoffen en rubbers gebruikt worden in producten kunnen ze ook klimaatvoordelen bieden ten opzichte van andere materialen. Hierbij is te denken aan het verlengen van de levensduur van producten zoals voedsel of brandstofbesparing door voertuigen lichter te maken. Eerdere analyses van de klimaatimpact van kunststof, bijv. van Denkstatt (Pilz et al., 2010), hebben geconcludeerd dat deze effecten substantieel kunnen zijn. Volgens het Sectorrapport voor de meerjarenafspraken (MJA) energie-efficiëntie hebben 'ketenmaatregelen' in 2020 gezorgd voor een aanzienlijke energiebesparing van 5.821 Terajoule (RVO, 2020).

Omdat dit echter indirecte effecten zijn die per toepassing sterk kunnen verschillen, nemen we ze in de scenario-analyses niet mee. De nadruk ligt in de scenario's daarom op de klimaatimpact van het gebruik van kunststof en rubbers zelf, en op het effect van structurele veranderingen binnen de sector richting 2030. In de cases, die hieronder worden toegelicht, worden indirecte effecten wel onderzocht.

Praktijkcases ter illustratie

In de scenario's wordt gekeken naar de klimaatimpact van de productie, omzetting en de afvalverwerking van kunststoffen en rubber. Belangrijke mogelijkheden daarbij zijn de toepassing van biobased materiaal en het toepassen van (chemisch) recycalaat. Deze drie effecten illustreren we in dit onderzoek ook met drie cases:

1. Het gebruik van mechanisch gerecycled materiaal in plantenspotten.
2. Chemische recycling van broomhoudend EPS.
3. Het gebruik van biobased plastics in keukenapparatuur (koffiezetapparaat).

Mogelijke effecten die kunststoffen hebben in de gebruiksfase worden niet meegenomen in de scenario's. Om deze gebruikseffecten te illustreren hebben we nog eens drie praktijkcases opgenomen (zie ook Tabel 1):

1. Het verminderen van voedselverspilling met een plasticverpakking.
2. Brandstofbesparing door lagere rolweerstand autobanden.
3. Een lager brandstofverbruik bij lichtgewicht vliegtuigen.

De cases worden in de rest van de hoofdttekst samengevat in kaders. De volledige beschrijvingen zijn opgenomen in Bijlage A.



Tabel 1 - Praktijkcases

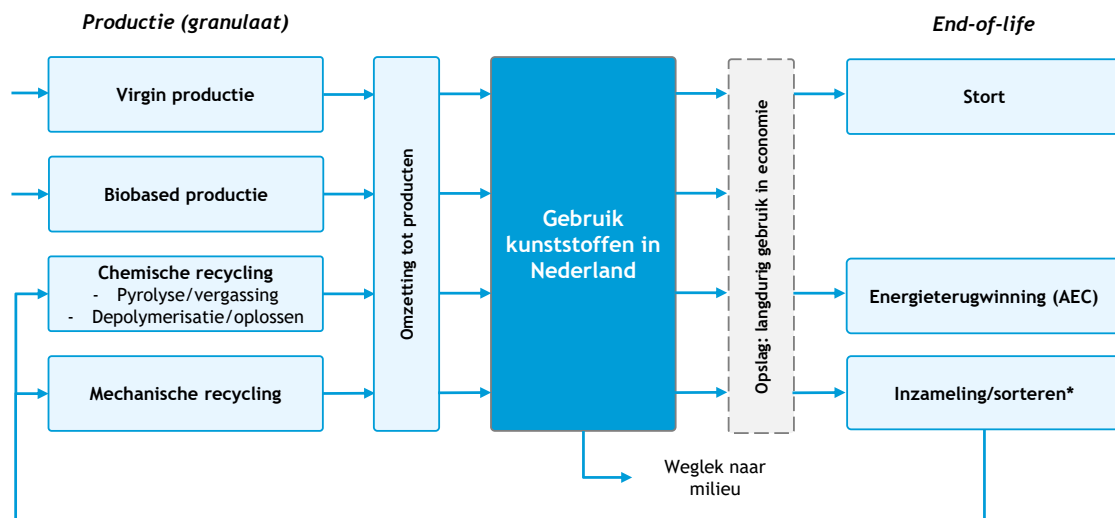
	Case	Onderwerp	Sector
Effecten van grondstoffen en afvalverwerking			
1	Plantenpotten	Mechanische recycling	Consumentenproducten
2	Broomhoudend EPS	Chemische recycling	Bouw
3	Keukenapparatuur	Biobased plastics	Elektronica
Effecten tijdens gebruik			
4	Broodverpakkingen	Voedselverspilling	Verpakkingen
5	Autobanden	Verlaging rolweerstand	Automotive
6	Lichtgewicht vliegtuigen	Gewichtsvermindering	Automotive

2 Methode en uitwerking scenario's

De klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststoffen wordt bepaald met het model dat weergegeven is in Figuur 5. Voor rubber is een vergelijkbaar model met andere technologieën opgesteld. Samen met PlasticsEurope Nederland, de NRK en RecyBEM zijn eerst de materiaalstromen vastgesteld, dat wil zeggen hoeveel kunststoffen/rubbers gebruikt worden, via welke routes deze geproduceerd worden, hoeveel er jaarlijks na gebruik wordt afgedankt en via welke routes dit verwerkt wordt. Dit is gedaan voor de huidige situatie (2018-2020) en voor verschillende scenario's voor 2030. Deze materiaalstromen en de scenario's worden verder besproken in Paragraaf 2.1 en 2.2. De details staan in Bijlage B.

De materiaalstromen worden vervolgens gekoppeld aan representatieve carbon footprints. Per productie- of verwerkingsroute hebben we hiervoor carbon footprints voor 2018 bepaald, die bijvoorbeeld de klimaatimpact van de productie van 1 kg virgin kunststof weergeven. We nemen aan dat door proces- en efficiëntieverbeteringen de carbon footprint van productie- en omzettingsprocessen jaarlijks 2% daalt tot 2030. De carbon footprints bij end-of-life zijn constant gehouden. De carbon footprints worden nader besproken in Bijlage B.

Figuur 5 - Materiaalstromen kunststof door de Nederlandse economie



* In het LCA-model wordt de klimaatimpact van het inzamelen en sorteren van afgedankte plastics toegekend aan het produceren van gerecyclede plastics ('cut-off approach'). De klimaatimpact van deze processen komt dus terug bij het consumeren van gerecyclede plastics, terwijl het aanleveren van afgedankte plastics voor recycling géén klimaatimpact met zich meebrengt. Omdat in de scenario's zowel de Nederlandse consumptie als end-of-life meegenomen worden en aangezien een toename van de inzet van recyclelaat gekoppeld is aan een toename in het inzamelen en sorteren van materiaal, heeft deze keuze geen grote invloed op de totaalresultaten.

Efficiëntieverbeteringen in kunststofproductie

Naast het meer circulair en biobased maken van de kunststofketen zijn er nog meer ontwikkelingen die de klimaatimpact van kunststof de komende jaren kunnen verlagen.

Allereerst is er een continue efficiëntieverbetering in de virgin productie in de chemie door middel van energiebesparing. Deze hebben we ingeschat op basis van historische data. Daarbij nemen we mee dat de chemische sector in Nederland streeft naar een energiebesparing van 2% per jaar vanaf 2012. Rapportages over de MJA- en de MEE-convenanten geven aan dat deze efficiëntieverbetering sterk verschilt per sector en bedrijf en langjarig voor de hele industrie eerder 1% was en geen 2%. In het MJA3-convenant scoorde de rubber- en kunststofindustrie ten opzichte van 2005 een besparing van 21,7% door procesefficiëntie in 2019. Deze verbetering is vooral gehaald in de jaren 2012 tot 2019 (RVO, 2019). Daarvoor was het tempo van efficiëntieverbetering lager. Voor de totale efficiëntieverbetering scoort de rubber- en kunststofindustrie over 2005 tot 2019 het beste van alle sectoren met 51,8%. Gezien de goede resultaten de laatste jaren en het betere resultaat van de chemie de laatste jaren en de ondersteuning vanuit het klimaatakkoord lijkt een jaarlijkse efficiëntieverbetering van 2% voor virgin productie tussen 2018 en 2030 een redelijke inschatting. Over de periode 2018-2030 gaat het in totaal om 21,5%.

Naast efficiëntie in de keten zijn de volgende maatregelen ook nog mogelijk:

- meer duurzame elektriciteit in plaats van fossiele elektriciteit gebruiken;
- CO₂-afvang en opslag in de ondergrond.

Deze zijn niet meegenomen in de analyse. Deels vallen deze ook al onder de efficiëntiemaatregelen en deels is het lastig om te weten hoeveel hiervan toe te rekenen is aan de plasticproductie.

Daarnaast zijn er ook in de toepassing van kunststof diverse mogelijkheden om in de hele keten klimaatvoordelen te behalen. Deze zijn in de scenario's niet meegenomen wegens de complexiteit, maar worden geïllustreerd met de cases. Belangrijke bijdragen van kunststof en rubber zijn bijvoorbeeld:

- minder voedselverlies door steeds slimmere verpakkingen;
- energiebesparing door isolatiefunctie;
- minder energiegebruik door lichtere voertuigen van kunststof;
- minder brandstofgebruik door lagere rolweerstand van nieuwere banden.

Tot slot zal met name door meer elektriciteitsproductie en warmteproductie de efficiëntie van de afvalverbranding ook toe kunnen nemen. Daarentegen wordt de elektriciteit en warmte die zij vervangen ook efficiënter opgewekt in 2030. Deze twee effecten strepen we tegen elkaar weg waardoor we voor deze sector geen aanpassing hoeven te doen in 2030.

2.1 Materiaalstromen - kunststoffen

Tabel 2 geeft weer welke materiaalstromen gebruikt zijn in de analyse, in kiloton (kton) per jaar. Als startpunt wordt het jaar 2018 genomen, omdat daar de meest recente informatie voor beschikbaar is. Voor 2030 zijn twee scenario's opgesteld.

Voor de **startsituatie** (2018) is primair uitgegaan van een studie die in opdracht van PlasticsEurope kunststofstromen in Nederland in kaart heeft gebracht (PlasticsEurope, 2020a)¹. Aanvullend is de Transitieagenda Kunststoffen (Ministerie I&W & Ministerie van EZK, 2018) gebruikt om in te schatten hoeveel biobased materiaal in Nederland wordt ingezet (20 kton/jaar).

Het eerste scenario voor 2030 ('**Autonome Ontwikkeling**') is gebaseerd op de meest recente inschatting van PlasticsEurope Nederland van het gebruik en de afdanking van

¹ [Infographic Lifecycle Plastics Nederland 2018](#)



kunststof in 2030 (Stijnen, 2020). Er wordt hierbij aangenomen dat de hoeveelheid mechanisch gerecycled materiaal toeneemt, en dat er een start gemaakt wordt met chemische recycling. Het aandeel biobased blijft gelijk aan de huidige situatie.

In het tweede scenario voor 2030 ('Geüpdatete Transitieagenda') analyseren we een hogere ambitie voor de inzet van gerecycled en biobased materiaal. Hierin wordt dezelfde totale hoeveelheid kunststof gebruikt en afgedankt als in het eerste scenario, maar wordt voor de inzet van gerecycled en biobased materiaal aangesloten bij de Transitieagenda. Concreet houdt dit in dat de inzet van mechanisch en chemisch gerecycled materiaal ongeveer verdubbelt. Hierdoor is minder virgin materiaal nodig en wordt er veel meer materiaal verzameld voor recycling, in plaats van verbrand voor energie. Ook wordt aanzienlijk meer biobased kunststof toegepast.

De opbouw van de scenario's wordt verder toegelicht in Bijlage B.

Tabel 2 - Gehanteerde materiaalstromen voor 2018 en 2030 in de kunststofanalyse, in kton/yr

Materiaalstromen		2018	2030	
			Autonome Ontwikkeling	Geüpdatete Transitieagenda
Gebruik	Virgin productie	1.801	1.687	954
	Mechanische recycling	173	332	656
	Depolymerisatie/oplossen	0	39	77
	Pyrolyse/vergassing	0	72	142
	Biobased productie	20	22	323
	Totaal gebruik	1.994	2.151	2.151
End-of-life	Energieretrieving (AEC)	617	570	32
	Inzamelen/sorteren voor recycling	316	551 ^a	1.089 ^a
	Stort	4	0	0
	Totaal end-of-life	937	1.121	1.121
'Opslag' in economie en weglek naar milieu ^b		1.058	1.030	1.030

^a Als aandeel van de hoeveelheid afval die beschikbaar is dient volgens het scenario Autonome Ontwikkeling zo'n 49% van het plastic afval ingezameld te worden voor recycling. In het scenario Geüpdatete Transitieagenda gaat het om 97% van het vrijkomende plastic afval.

^b Berekend als het verschil tussen de hoeveelheid materiaal dat gebruikt wordt (input) en de hoeveelheid die bij end-of-life belandt (output). Het is onbekend hoeveel kunststof/rubber er op het moment weglekt naar het milieu, maar de sector streeft ernaar dit terug te brengen naar 0 in 2030 (Ministerie I&W & Ministerie van EZK, 2018).

2.2 Materiaalstromen - rubber

Tabel 3 geeft weer welke materiaalstromen zijn gebruikt in de rubberanalyse, in kton per jaar. Voor de rubbers is de meest recente informatie beschikbaar voor het jaar 2020. Voor 2030 is één scenario opgesteld.

Voor zowel de gegevens over 2020 als de invulling van het scenario voor 2030 is gebruikt gemaakt van gegevens en prognoses van RecyBEM² (onderdeel van NRK). Met name voor de inzameling en verwerking van banden is veel informatie beschikbaar, door de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid voor deze producten.

² Collectieve inzameling- en herverwerkingsorganisatie namens de bandenfabrikanten en importeurs gelieerd met de European Tyre and Rubber Manufacturers' Association.



De hoeveelheden voor zowel 2020 als 2030 worden verder toegelicht in Bijlage B.

Tabel 3 - Gehanteerde materiaalstromen voor 2020 en 2030 in de rubberanalyse, in kton/yr

Materiaalstromen (kton/jaar)		2020	2030
Gebruik	Synthetisch rubber	37	38
	Mechanische recycling	12	18
	Devulkanisatie	0	13
	Natuurrubber	35	36
	Totaal gebruik	83	105
End-of-life	Energieterugwinning (AEC)	15	13
	Inzamelen/sorteren voor recycling	37	53
	Tweede gebruik	10	12
	Loopvlakvernieuwing	5	7
	Totaal end-of-life	63	78
'Opslag' in economie en weglek naar milieu		20	27

3 Resultaten kunststoffen

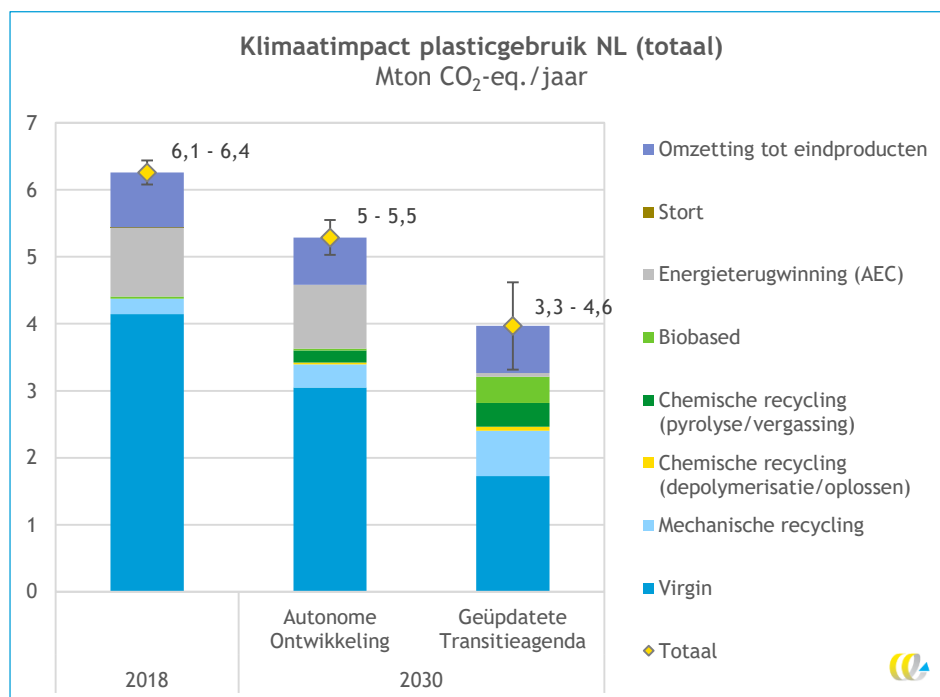
In dit hoofdstuk bespreken we de resultaten voor de analyse van kunststoffen. We bekijken achtereenvolgens de totale jaarlijkse klimaatimpact (Paragraaf 3.1), de impact per kg kunststof (Paragraaf 3.2) en de bijdrage van verschillende losse ontwikkelingen (Paragraaf 3.3).

3.1 Totale klimaatimpact

In Figuur 6 geven we de totale klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststof weer in alle productgroepen. Voor 2018 gaat het om een totale hoeveelheid van ca. 2.000 kton, die oploopt naar zo'n 2.150 kton in 2030. De grafiek laat de bijdrage van verschillende productieroutes zien (bijv. virgin, biobased en verschillende soorten recycalaat), de omzetting bij converters, en de end-of-life (bijv. energierecuperatie).

Voor 2018 schatten we de klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststof op ca. 6,1 tot 6,4 Megaton (Mton) CO₂-eq. per jaar. De CO₂-emissies vinden voor zo'n 70% plaats bij de productie van nieuw fossiel kunststof. Ook verbranding bij end-of-life (ca. 17%) en het energieverbruik van de converters (13%) hebben een aanzienlijke bijdrage.

Figuur 6 - Totale klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststof (productie, omzetting tot eindproducten en afdanking) voor 2018 en 2030, Megaton CO₂-eq./jaar



De twee scenario's voor 2030 verschillen in de hoeveelheid recycalaat (zowel mechanisch als chemisch) en biobased materiaal die wordt ingezet. In het scenario Autonome Ontwikkeling wordt ongeveer dubbel zoveel recycalaat uit mechanische recycling ingezet als in 2018, en

wordt zo'n 100 kt aan chemisch gerecycled materiaal gebruikt (Tabel 2). Hierdoor is er minder virgin materiaal nodig, en moet er ook meer EOL-materiaal ingezameld worden waardoor dit niet in AEC's belandt. Het effect van deze ontwikkelingen is dat de geschatte klimaatimpact op ca. 5,0 tot 5,5 Mton CO₂-eq. per jaar uitkomt. Deze daling, van ongeveer 14 tot 17%, vindt plaats ondanks een toename in het totale gebruik van kunststoffen van zo'n 8% (zie Tabel 2).

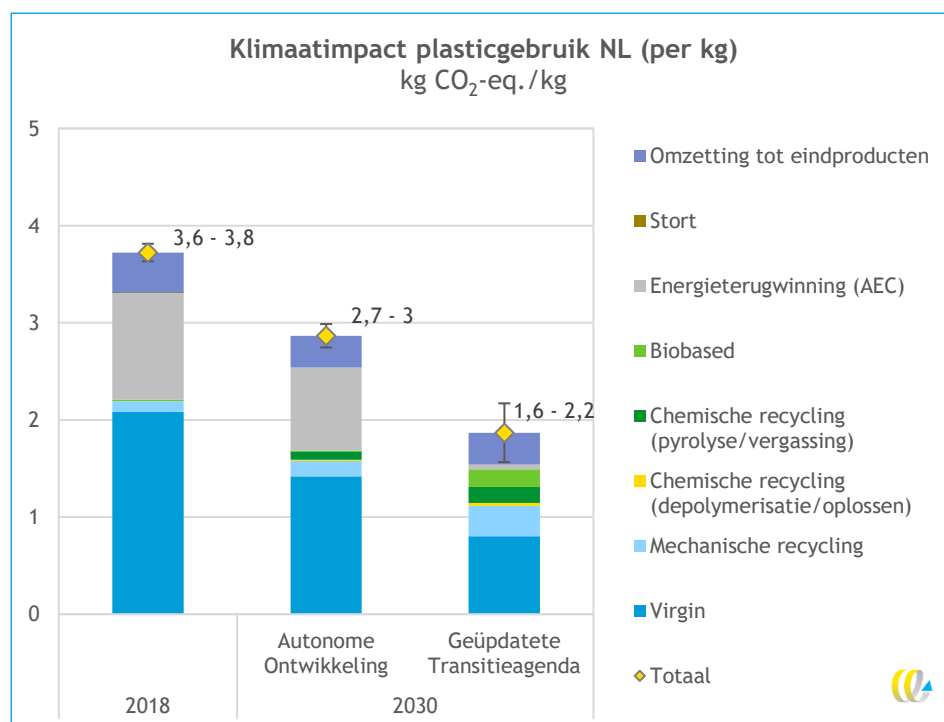
In het scenario Geüpdatete Transitieagenda is de inzet van gerecycled materiaal in 2030 nog eens ongeveer twee keer zo hoog als in het scenario Autonome Ontwikkeling (Tabel 2). Hierdoor halveert het gebruik van virgin plastics ten opzichte van 2018, en belanden er nog nauwelijks kunststoffen in de AEC's. Daarnaast wordt ook 15% van de behoefte aan nieuw kunststof vervuld met biobased materiaal. De klimaatimpact van Nederlands gebruik daalt hiermee tot zo'n 3,4 tot 4,6 Mton CO₂-eq. per jaar, een reductie van 28 tot 45%.

3.2 Klimaatimpact per kg kunststof

Figuur 7 toont de resultaten van de analyse uitgedrukt per kg kunststof. Hierbij is de klimaatimpact die hoort bij productiestappen gedeeld door het totale gebruik van kunststoffen (ca. 2.000 kt/jaar; Tabel 2) en de klimaatimpact die hoort bij end-of-life (EOL) gedeeld door de totale hoeveelheid afgedankt materiaal (ca. 1.000 kt/jaar; Tabel 2). Hierdoor wordt de bijdrage van EOL-processen relatief groter.

Per kg kunststof ligt de klimaatimpact in 2018 rond de 3,6 à 3,8 kg CO₂-eq. Volgens het scenario Autonome Ontwikkeling daalt dit tot ca. 2,7 à 3,0 kg CO₂-eq., een reductie van zo'n 22-24%. In het ambitieuzere Geüpdatete Transitieagenda-scenario daalt de impact per kg tot ca. 1,6 à 2,2 kg CO₂-eq, een reductie tussen de 43 en 57%.

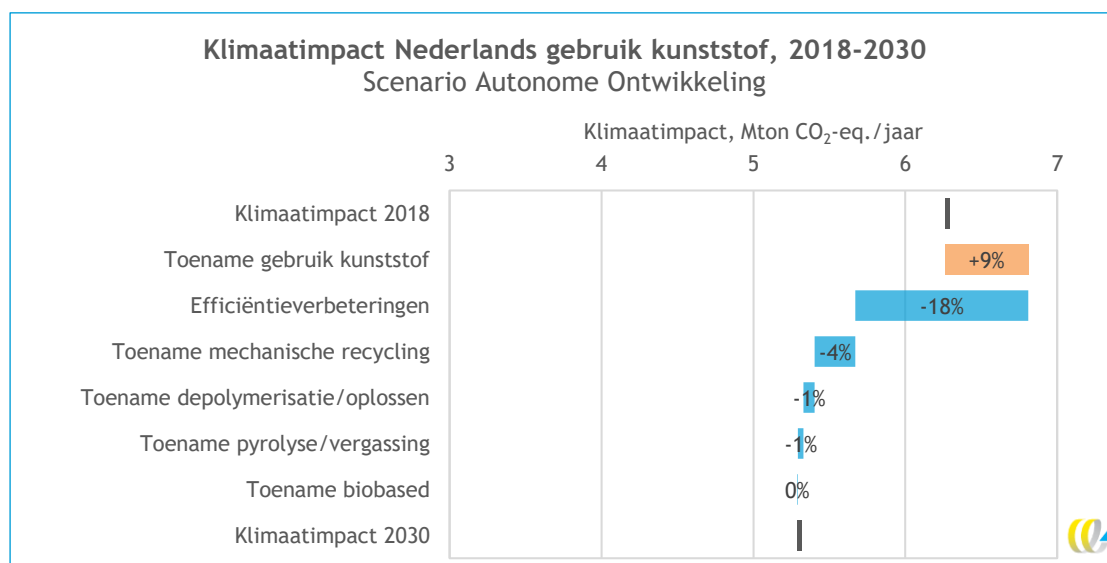
Figuur 7 - Klimaatimpact per kg kunststof in Nederland (productie, omzetting tot eindproducten en afdanking), kg CO₂-eq./kg voor 2018 en 2030



3.3 Bijdrage van losse ontwikkelingen

In Figuur 8 en Figuur 9 worden voor respectievelijk het scenario Autonome Ontwikkeling en het scenario Geüpdatete Transitieagenda de verandering in de totale klimaatimpact toegewezen aan specifieke ontwikkelingen. De reducties die gerealiseerd worden door minder virgin kunststof te produceren of door minder kunststof te verbranden in AEC's, zijn hier toegewezen³ aan ontwikkelingen zoals de inzet van meer recycleert of biobased kunststof.

Figuur 8 - Ontwikkeling klimaatimpact Nederlands gebruik kunststof (productie, omzetting tot eindproducten en afdanking) tussen 2018 en 2030 in scenario Autonome Ontwikkeling, Mton CO₂-eq./jaar

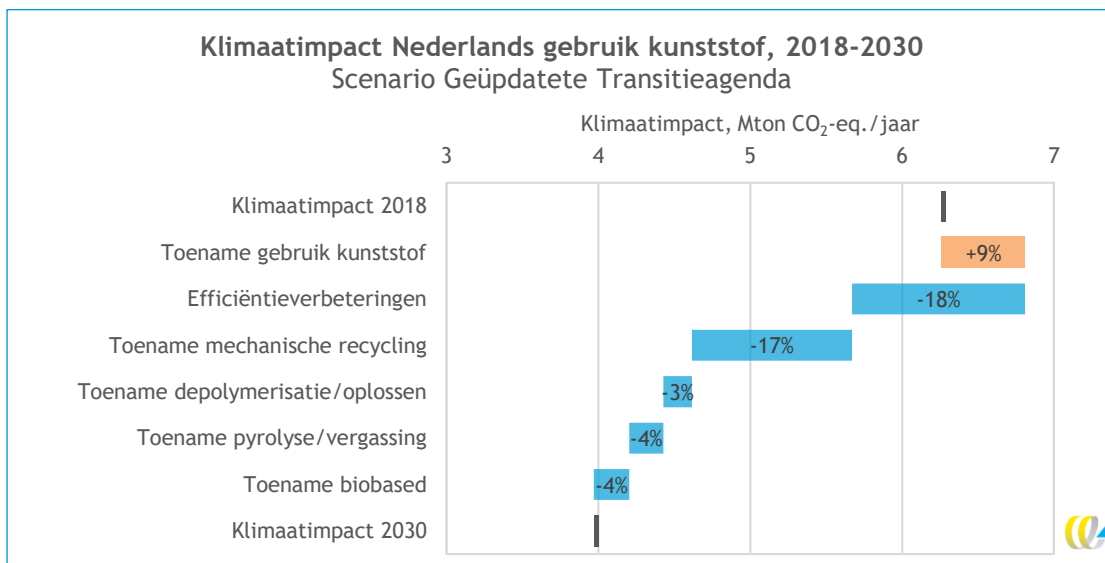


In deze weergave is te zien dat in beide scenario's het hogere gebruik van kunststoffen zorgt voor een toename van de klimaatimpact van 9% in 2030 ten opzichte van het startpunt in 2018 (6,3 Mton CO₂-eq./jaar). Door de veronderstelde efficiëntieverbeteringen in productieprocessen wordt deze toename echter gecompenseerd in beide scenario's (-18% klimaatimpact). Doordat in de scenario's verschillende aannames worden gedaan over de inzet van gerecycled materiaal, ontstaan hier grote verschillen. Met name de grotere inzet van mechanische recycling in het scenario Geüpdatete Transitieagenda verklaart de verschillen met het scenario Autonome Ontwikkeling (reductie van 4% in Autonome Ontwikkeling t.o.v. 17% in Geüpdatete Transitieagenda).

³ Deze toewijzing is proportioneel uitgevoerd. Dit houdt in dat het klimaatvoordeel dat ontstaat door de afname in virgin kunststof is verdeeld over de alternatieve kunststofbronnen (mechanische recycling, chemische recycling via depolymerisatie/oplossen, chemische recycling door pyrolyse/vergassing, biobased), naar rato van hun bijdrage in het kunststofgebruik in het betreffende scenario (Tabel 2). Eén uitzondering hierop is gemaakt voor het verdelen van de reductie die gerealiseerd wordt door het verminderen van AEC-verbranding. In dit geval is ervoor gekozen om pyrolyse/vergassing dubbel mee te tellen; omdat er in deze ketens ongeveer de helft van het ingezamelde materiaal verloren gaat (en de klimaatimpact daarvan al meegenomen is in de gehanteerde carbon footprints), zorgt het gebruik van 1 kg kunststof uit pyrolyse voor ca. 2 kg minder kunststofverbranding in AEC's. Verder geldt dat het gebruik van biobased materiaal géén voordeel van vermeden AEC-verbranding toegerekend krijgt, omdat een toename in het gebruik van biobased materiaal niet ervoor zorgt dat er meer EOL-materiaal hoeft worden ingezameld.



Figuur 9 - Ontwikkeling klimaatimpact Nederlands gebruik kunststof (productie, omzetting tot eindproducten en afdanking) tussen 2018 en 2030 in scenario Geüpdatete Transitieagenda, Mton CO₂-eq./jaar

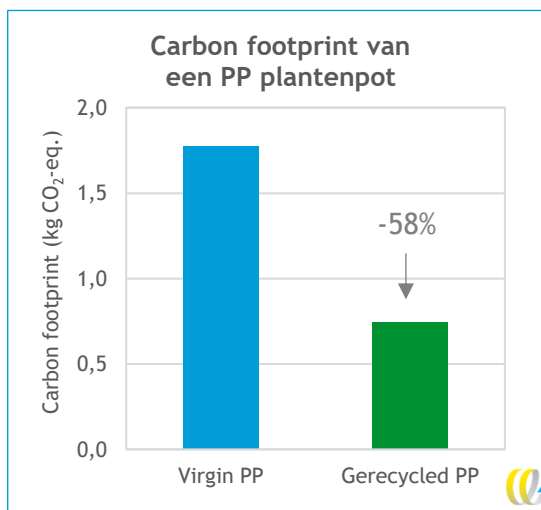


Voorbeeld: De inzet van mechanisch gerecycled materiaal in plantentpotten



Plantentoppenproducent Elho maakt veel gebruik van mechanisch gerecycled plastic als grondstof.

Uit een cradle-to-grave-analyse uitgevoerd door CE Delft blijkt dat een plantentop van 529 gram gemaakt van gerecycled PP een 58% lagere carbon footprint heeft dan eenzelfde plantentop van virgin PP.



Zie Bijlage A.1 voor details.

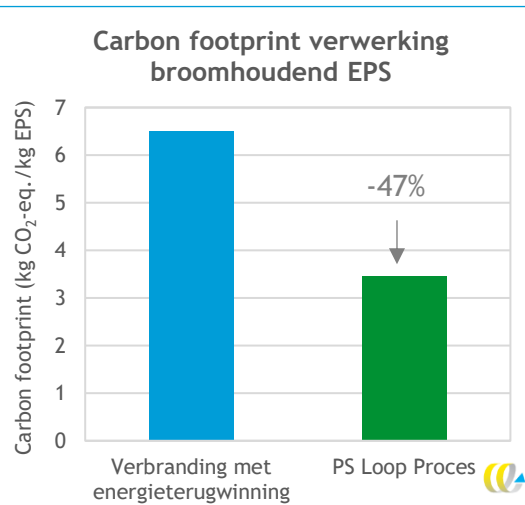
Voorbeeld: Chemische recycling van broomhoudend EPS-isolatiemateriaal



Expanded polystyreen (EPS) wordt veel als isolatiemateriaal ingezet. De standaard verwerking van broomhoudend EPS was verbranding met energierecuperatie. Sinds kort kan dit EPS ook gerecycled worden in de fabriek van PS Loop door middel van oplossen; dit is een vorm van chemische recycling.

De carbon footprint van de verwerking van EPS met het PS Loop-proces ligt 47% lager dan de carbon footprint van verbranding met energierecuperatie (TÜV Rheinland, 2019).

Zie Bijlage A.6 voor details.



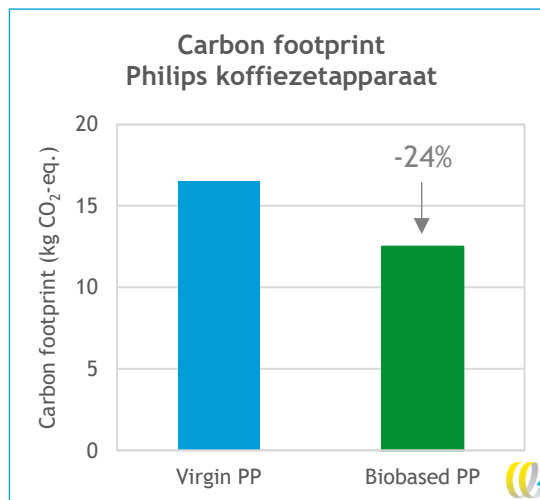
Voorbeeld: Biobased plastic in keukenapparatuur



Biobased plastic heeft een lagere carbon footprint dan virgin plastic. In een nieuwe collectie keukenapparatuur past Philips biobased PP toe in plaats van virgin PP.

Uit een cradle-to-gate LCA waarin de carbon footprint van de grondstoffen, transport en productie is meegenomen blijkt dat de carbon footprint van een koffiezetapparaat met biobased PP 24% lager ligt dan de carbon footprint van eenzelfde koffiezetapparaat met virgin PP.

Zie Bijlage A.5 voor details.



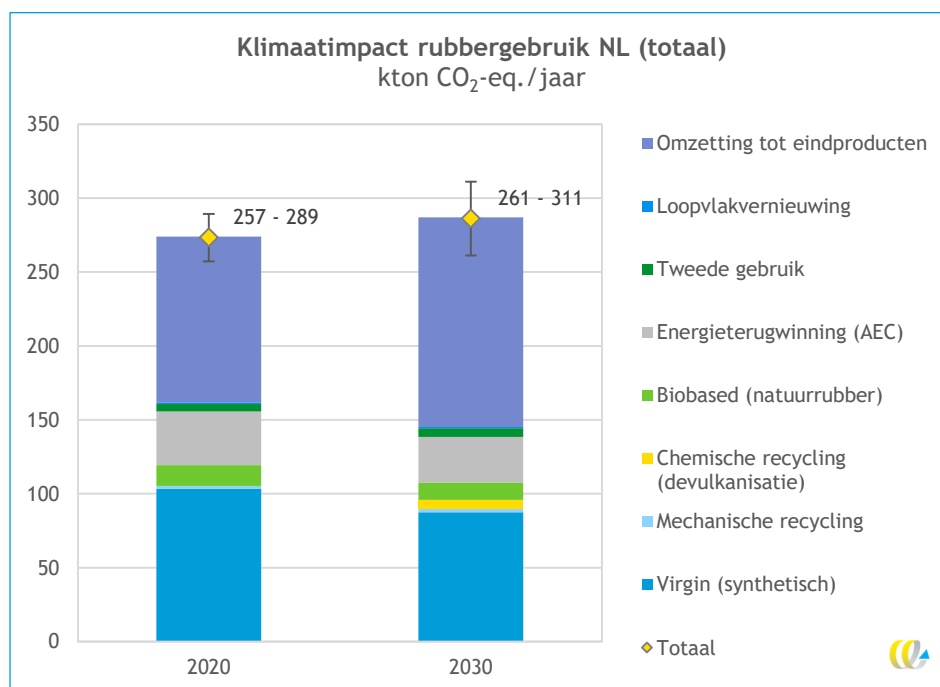
4 Resultaten rubber

4.1 Totale klimaatimpact

In Figuur 10 geven we de totale klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van rubber weer. De grafiek laat de bijdrage van verschillende productieroutes zien (bijv. synthetisch, natuurrubber en verschillende soorten recycklaat), de omzetting bij converters, en de end-of-life (bijv. energierugwinning).

Voor 2020 schatten we de klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van rubber op ca. 257 tot 289 kton CO₂-eq. per jaar. De CO₂-emissies vinden voor zo'n 40% plaats bij de rubberconverters. Ook productie van synthetisch rubber (ca. 38%) en verbranding met energierugwinning (13%) hebben een aanzienlijke bijdrage.

Figuur 10 - Totale klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van rubber (productie, omzetting tot eindproducten en afdanking) voor 2020 en 2030, kton CO₂-eq./jaar



De totale klimaatimpact van rubbers voor 2030 schatten we op 261 tot 311 kton CO₂-eq. Dit is een toename van tussen de 2 en 7% ten opzichte van de klimaatimpact van rubbers in 2020. De toename wordt geheel veroorzaakt door de toename van de klimaatimpact van de fabrikanten. De impact van de fabrikanten hangt direct samen met de rubberconsumptie en deze neemt met 26% toe. De klimaatimpact van zowel productie als de end-of-life neemt af richting 2030, ondanks de toename in volume.



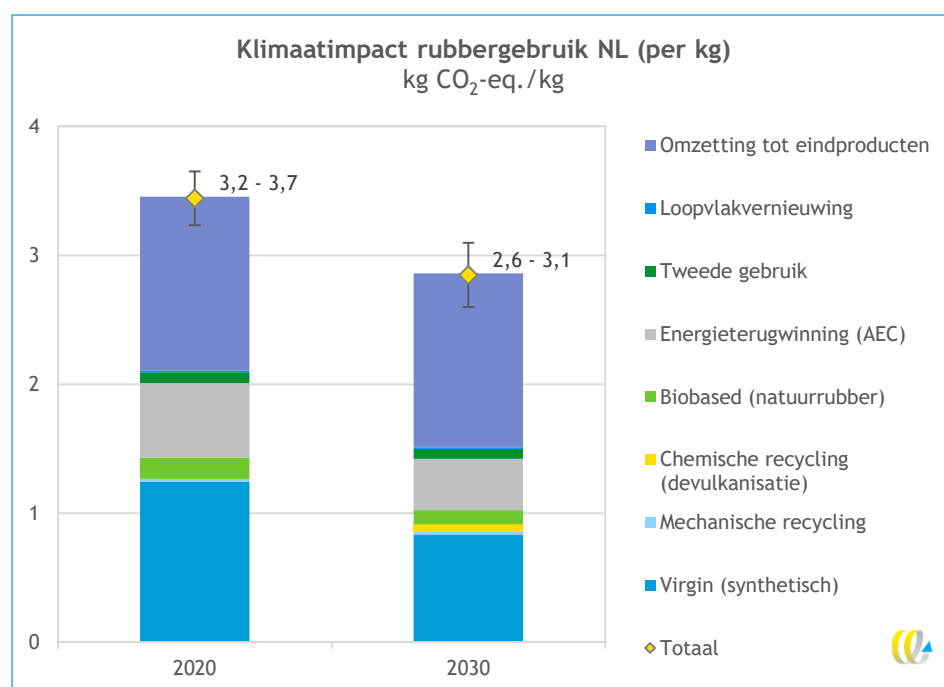
Bij de kunststoffen (Paragraaf 3.1) neemt de klimaatimpact van de fabrikanten die eindproducten maken af, doordat er daar efficiëntieverbeteringen verwacht worden. Bij de fabrikanten van rubberproducten zullen ook efficiëntieverbeteringen plaatsvinden, maar tegelijkertijd neemt het energiegebruik ook toe. Dit komt doordat er een verschuiving plaats vindt van de productie van carbon black-banden naar de productie van silicabanden. De productie van silicabanden vindt plaats op hogere temperaturen en duurt langer, waardoor er meer energie nodig is. Het voordeel van silicabanden is wel dat ze duurzamer zijn tijdens het gebruik, doordat ze bijdragen aan een lager brandstofverbruik. De effecten tijdens de gebruiksfase zijn in deze analyse niet meegenomen, maar worden wel geïllustreerd in de case in Bijlage A.3.

4.2 Klimaatimpact per kg rubber

Figuur 11 toont de resultaten van de analyse uitgedrukt per kg rubber. Hierbij is de klimaatimpact die hoort bij productiestappen gedeeld door het totale gebruik van kunststoffen (ca. 95 kt/jaar; Tabel 3) en de klimaatimpact die hoort bij end-of-life (EOL) gedeeld door de totale hoeveelheid afgedankt materiaal (ca. 70 kt/jaar; Tabel 3). Hierdoor wordt de bijdrage van EOL-processen relatief groter.

Per kg rubber ligt de klimaatimpact in 2020 rond de 3,2 à 3,7 kg CO₂-eq. Volgens het scenario voor 2030 daalt dit tot ca. 2,6 à 3,1 kg CO₂-eq., een reductie van zo'n 15-20%.

Figuur 11 - Klimaatimpact per kg rubber in Nederland (productie, omzetting tot eindproducten en afdanking), kg CO₂-eq./kg voor 2020 en 2030



Voorbeeld: Lichtgewicht vliegtuigen gebruiken minder brandstof

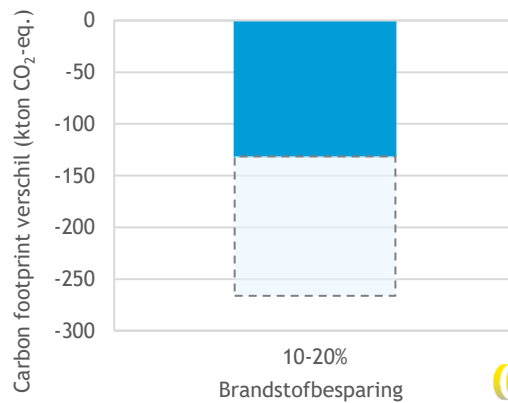


Bij voertuigen is het brandstofgebruik van veel grotere invloed op de carbon footprint dan de materialen die gebruikt worden.

Door het toepassen van 50% koolstofcomposiet in vliegtuigen ter vervanging van aluminium en staal, kunnen vliegtuigen 20% lichter gemaakt worden. Hiermee wordt 10 tot 20% brandstof bespaart. Een lichtgewicht vliegtuig heeft hierdoor een carbon footprint die tussen de 260 en 130 kton CO₂-eq. lager ligt dan de carbon footprint van een standaard vliegtuig.

Zie Bijlage A.4 voor details.

Carbon footprint verschil tussen lichtgewicht en standaard vliegtuig



Voorbeeld: Minder voedselverspilling bij plastic broodverpakking

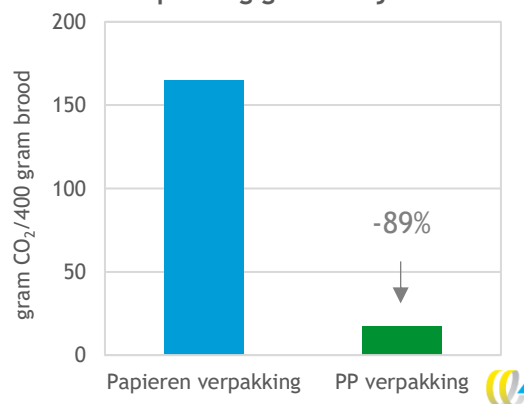


Bij voedsel is de carbon footprint van de verspilling vaak groter dan de carbon footprint van de verpakking. Het is daarom meestal beter om een verpakking te kiezen die de meeste voedselverspilling voorkomt.

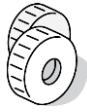
Bij een gistbroodje verpakt in papier is de verspilling 11%, bij een verpakking van PP is de verspilling slechts 0,8%. Hierdoor is de carbon footprint van de voedselverspilling en de verpakking van een gistbroodje bij een PP-verpakking 148 gram CO₂-eq. lager dan bij een papieren verpakking.

Zie Bijlage A.2 voor details.

Carbon footprint verspilling en verpakking gistbroodje



Voorbeeld: Brandstofbesparing door lagere rolweerstand autobanden

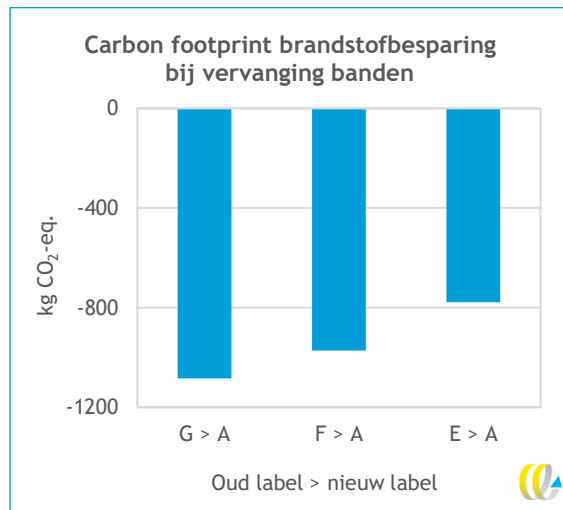


Voor banden geldt dat de gebruiksfase belangrijker is voor de carbon footprint van het product dan de productiefase of de afvalverwerking.

Het verlagen van de rolweerstand van banden zorgt voor een brandstofbesparing van voertuigen.

De carbon footprint van de brandstofbesparing die behaald kan worden door banden met rolweerstandlabel A te gebruiken in plaats van banden met label E, F of G ligt tussen de 780 en 1.080 kg CO₂-eq. voor de gehele levensduur van de banden.

Zie Bijlage A.3 voor details.



5 Discussie en conclusies

5.1 Beperkingen en onzekerheden

Voor we de conclusies en aanbevelingen uit de analyses bespreken is het van belang een aantal beperkingen en onzekerheden van de analyse te benoemen:

- Het doel van de analyse is om op macroniveau te kijken naar hoe verschillende ontwikkelingen (volume, efficiëntie en invulling met verschillende technologieën) de klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststof beïnvloeden. Deze macro-aanpak voor heel Nederland betekent dat een invulling voor verschillende sectoren ontbreekt. Ook zijn soms grove aannames gedaan (zoals 1-op-1-substitutie van bijv. virgin en gerecycled materiaal).
- Dit onderzoek richt zich op de klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststoffen en rubber. Dit betekent dat andere mogelijke milieueffecten, waaronder de verspreiding van kunststof naar de natuur en de bijdrage aan microplastics in het milieu, niet onderzocht zijn. De focus op Nederlandse consumptie betekent daarnaast dat de resultaten niet representatief zijn voor de Nederlandse productie of de klimaatimpact die binnen de landsgrenzen plaatsvindt.
- De scenario's die hier zijn onderzocht zijn gebaseerd op verwachtingen over de totale hoeveelheden kunststof/rubber die in 2030 gebruikt en afgedankt worden, zoals verwacht door PlasticsEurope Nederland en de NRK. Als blijkt dat in 2030 in Nederland meer kunststof en rubber wordt ingezet, zal ook de klimaatimpact hoger uitvallen dan in deze scenario's.
- De scenario's voor 2030 gaan ervan uit dat de verliezen bij mechanische recycling aanzienlijk verkleind kunnen worden (tot 10% van het ingezamelde materiaal, terwijl 20% nu gebruikelijk is). Dit vereist een grote inspanning van sorteerders.
- De carbon footprints die we hebben gehanteerd zijn gebaseerd op de beste informatie die voor de huidige situatie beschikbaar is. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de onzekerheid voor opkomende technologieën zoals biobased kunststof en chemische recycling hoger is. Voor de ontwikkelingen richting 2030 zijn daarnaast geen structurele verschuivingen, bijv. meer inzet van polymeersoorten met een hogere/lagere klimaatimpact, verondersteld. Ook aan de kant van afgedankte polymeren is geen rekening gehouden met eventuele verbeteringen de energierendementen van AEC's.
- Op basis van historische prestaties in de sector is aangenomen dat de carbon footprint van de productie van kunststof en rubber in de hele keten jaarlijks 2% afneemt.
- De mix van biobased kunststoffen in de scenario's is een lineaire vergroting van de huidige situatie. Hierbij is geen optimalisatie toegepast naar voorkeur voor biobased plastics met een zo hoog mogelijke CO₂-reductie. Als dit wel wordt toegepast, bijvoorbeeld door een minimum CO₂-reductie te vereisen, kan de CO₂-reductie van biobased plastics met ongeveer een factor 2 worden vergroot.

5.2 Conclusies en aanbevelingen

We zien dat het mogelijk is om de klimaatimpact van kunststof gebruik aanzienlijk te verlagen, als alle acties uit de Transitieagenda worden doorgevoerd. In dit scenario daalt de klimaatimpact van het Nederlandse gebruik van kunststof met zo'n 30 tot 44%. Uitgedrukt per kg kunststof kan de reductie oplopen tot boven de 50%. Om dit voor elkaar te krijgen is het nodig dat zowel de overheid als bedrijven aan de slag gaan. De overheid kan een strenger en duidelijker beleid voeren (liefst op Europees niveau), zodat bedrijven hier goed op kunnen anticiperen.



Mocht het aanscherpen van beleid op de een of andere manier niet doorgaan en het huidige beleid worden gecontinueerd dan is een reductie tussen de 14 en 17% waarschijnlijk.

Verder blijkt uit de scenario's dat de beschikbaarheid van recyclebaar materiaal een knelpunt kan worden. Kunststof wordt steeds meer toegepast in producten met een lange levensduur zoals huizen en auto's, waardoor het lang kan duren voordat het weer als recyclebaar materiaal beschikbaar komt. Het doel uit de Transitieagenda om 40% recycklaat in te zetten, betekent dat bijna al het kunststof afval dat beschikbaar is moet worden gerecycled. Dit is theoretisch mogelijk maar loopt aan tegen praktische grenzen.

Bij rubber blijkt de beschikbaarheid van rubberafval geen probleem te zijn. Door de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid worden vrijwel alle banden (en daarmee het grootste deel van het gebruikte rubber) aan het einde van de levensduur ingezameld. Veel van dit rubber wordt mechanisch gerecycled, maar hoogwaardige verwerking en inzet van rubbergranulaat is nog beperkt. Dit komt doordat chemische recyclingtechnieken zoals devulkanisatie en pyrolyse nog onvoldoende ontwikkeld zijn. Met de verdere ontwikkeling van deze technieken valt voor rubber dan ook nog de grootste CO₂-reductie te behalen.

De scenario's over het Nederlandse gebruik van kunststof en rubber vertellen nog niet het hele verhaal. Op veel plekken in de economie helpen kunststof en rubbers om andere ketens te verduurzamen. Zo maakt kunststof voertuigen lichter waardoor ze zuiniger worden en kunnen kunststofverpakkingen voedselverspilling voorkomen. De praktijkcases in dit rapport illustreren we hoe deze effecten de klimaatimpact over de gehele levenscyclus van een product kunnen beïnvloeden.

Uit deze analyse van de verduurzaming van kunststof richting 2030 volgen een aantal aanbevelingen:

- De acties zoals bedacht voor de Transitieagenda kunststoffen (met name recycling en biobased) zullen niet vanzelf door het bedrijfsleven worden doorgevoerd. Aanpassing van de regels rond de kunststofmarkt door de overheid zullen daar voor nodig zijn. Met name producentenverantwoordelijkheid voor alle markten waar kunststof wordt gebruikt in producten zou kunnen helpen om recycklaat beschikbaar te krijgen. Daarnaast zou een oplopende verplicht aandeel recycklaat in kunststof producten kunnen helpen om toepassing van (chemisch) recycklaat te laten toenemen.
- Omdat kunststof in een aantal nieuwe markten lang opgeslagen wordt in producten (met name huizen en auto's) is het heel lastig om voldoende kunststofafval in te zamelen om 40% recycklaat voor nieuw kunststof te hebben. Overwogen zou kunnen worden om toe te staan dat een deel van de recycklaatdoelen ook (deels) ingevuld mag worden met biobased plastic. Dit past binnen de wens om biomassa meer als materiaal in te zetten dan als energie en maakt forse verduurzaming van plastic net iets makkelijker.
- Er zijn ook initiatieven om kunststofafval te gebruiken om autobrandstof (recycled carbon fuels), vliegtuigbrandstof (sustainable aviation fuels) of synthetisch aardgas voor verwarming van huishoudens te produceren. Een deel van deze initiatieven hopen op rekenen op ondersteuning van de overheid. Als ook maar een beperkt deel van deze initiatieven gesubsidieerd plastic afval gaan gebruiken voor energietoepassing dan wordt het realiseren van de hier gepresenteerde scenario's aanzienlijk moeilijker. Het is daarom aanbevolen om materiaaltoepassing van kunststofafval duidelijk voorrang te geven.
- De kunststofmarkt is sterk internationaal. Nederland importeert veel kunststof (vooral in producten) en exporteren ook veel kunststof. Het is daarom verstandig om de sturing van de kunststofmarkt vooral Europees aan te pakken of om nationale acties Europees af te stemmen.



6 Literatuur

- BASF**, 2020. ChemCycling: Environmental Evaluation by Life Cycle Assessment (LCA). Ludwigshafen, BASF.
- Boeing**. 2020. *Dreamliner advantages overview* [Online]. Available: <https://www.boeing.com/commercial/787/by-design/#/dreamliner-advantages-overview> [Accessed 20 september 2021].
- CE Delft**, 2018. Samenvatting LCA Ionika - Screening carbon footprintanalyse. Delft, CE Delft.
- CE Delft**, 2021. Klimaatimpact van afvalverwerkroutes in Nederland. Delft, CE Delft.
- Centraal**. 2021. *Verpakkingen: goed of slecht?* [Online]. Milieu Centraal. Available: <https://www.milieucentraal.nl/minder-afval/verpakkingen/verpakkingen-goed-of-slecht/> [Accessed 16 september 2021].
- CO2emissiefactoren.nl**. 2021. *Lijst emissiefactoren* [Online]. Available: <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijs-emissiefactoren/> [Accessed 8 oktober 2021].
- COWI & University of Utrecht**, 2018. Environmental impact assessments of innovative bio-based products. Brussels, Directorate-General for Research and Innovation, European Commission(EC).
- Crippa, De Wilde, Koopmans, Leysens, Muncke, Ritschkoff, Van Doorselaer, Velis & Wagner**, 2019. A circular economy for plastics - Insights from research and innovation to inform policy and funding decisions. Brussels, European Commission (EC).
- Denkstatt**, 2017. How packaging contributes to food waste prevention - Update 2017. Viena, Denkstatt.
- EC**, 2009. Regulation (EC) No 1222/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the labelling of tyres with respect to fuel efficiency and other essential parameters. *Official Journal of the European Union*, L342, 46-58.
- EC**, 2018. A consumer's guide to energy-efficient tyres. Brussels, European Commission (EC).
- EC**. 2020. *Circular economy action plan* [Online]. European Commission (EC). Available: https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_nl [Accessed].
- EC**. 2021. *Tyres* [Online]. European Commission (EC). Available: https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/energy-efficient-products/tyres_en [Accessed 8 oktober 2021].
- Elho**. lopend. *Schoonheid van afval* [Online]. Available: <https://www.elho.com/nl/ons-verhaal/schoonheid-van-afval/> [Accessed].
- EU**, 2019. Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment. *Official Journal of the European Union*, L 155, 1-19.
- European Bioplastics**, 2020. Bioplastics Market Development Update 2020. Berlin, European Bioplastics.
- Lizeo**, 2021. European tyre labelling 2012-2020 - Approaching the new label. Brussels, ETRMA.
- Ministerie I&W & Ministerie van EZK**, 2018. Transitie-agenda circulaire economie : Kunststoffen. Den Haag, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) ; Ministerie van Economische Zake en Klimaat (EZK).
- Pilz, Brandt & Fehringer**, 2010. The impact of plastics on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe. Vienna, Denkstatt.
- Pirelli**, 2020. Our sustainability strategy 2021-2025. Pirelli.



- Plastic Pact NL**. 2019. *Een circulaire economie voor plastic* [Online]. Available: <https://www.meermetminderplastic.nl/> [Accessed 14 oktober 2021].
- PlasticsEurope**, 2020a. De Levenscyclus van Plastics in Nederland - Infographic van PlasticsEurope Nederland. Den Haag, PlasticsEurope Nederland.
- PlasticsEurope**, 2020b. Plastics - the Facts 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Brussels, PlasticsEurope.
- PlasticsEurope**. 2021. *Eco-profiles* [Online]. Brussels: PlasticsEurope. Available: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/eco-profiles> [Accessed].
- PolyStyreneLoop Cooperative**. 2021. *PolyStyreneLoop* [Online]. Available: <https://polystyreneloop.eu/> [Accessed 23 augustus 2021].
- Rebel Group & VNO-NCW MKB**, 2020. Roadmap Chemische Recycling Kunststof 2030 Nederland. Rebel Group, VNO-NCW MKB.
- RVO**, 2019. Resultatenbrochure convenanten - Meerjarenafspraken energie-efficiëntie. Utrecht, Nederland, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).
- RVO**, 2020. MJA-Sectorrapport 2020 Rubber- en kunststofindustrie. Utrecht, Nederland, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).
- Stijnen**, 2020. Plastics stromen NL in 2030 op basis van een realistisch scenario. Den Haag, PlasticsEurope Nederland.
- Transitieteam Kunststoffen**. 2020. *Actieplan Biobased Kunststoffen* [Online]. Available: <https://verpakkingsmanagement.nl/actieplan-biobased-kunststoffen> [Accessed].
- Transitieteam Kunststoffen**. 2021. *Actieplan Toepassen Kunststof Recycelaat ; Inzet recycelaat sluit de keten* [Online]. Partners for Innovation. Available: <https://partnersforinnovation.com/wp-content/uploads/2021/08/20210401-Actieplan-Toepassen-Recycelaat-eindversie.pdf> [Accessed].
- TÜV Rheinland**, 2019. Life Cycle Assessment for End of Life Treatment of Expandable Polystyrene (EPS) from External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS). Köln, TÜV Rheinland LGA Products GmbH.
- Vo Dong, Azzaro-Pantel & Cadene**, 2019. Economic and environmental assessment of recovery and disposal pathways for CFRP waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 63-75.
- Wernet, Bauer, Steubing, Reinhard, Moreno-Ruiz & Weidema**, 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 1218-1230.



A Details praktijkcases

A.1 Plantenpotten van gerecycled materiaal

In deze case kijken we naar de inzet van mechanisch gerecycled plastic in een plantenpot van Elho. Elho maakt al zijn plantenpotten van plastics. Plantenpotten blijken ook zeer geschikt voor de inzet van gerecycled materiaal, zo bestaat 85% van de grondstoffen die Elho gebruikt, uit gerecycled plastic (Elho, lopend).

We vergelijken in deze case de carbon footprint van twee versies van de Elho Torino Campana plantenpot (zie Figuur 12), een virgin versie en een gerecyclede versie. De Elho Torino Campana pot is een buitenpot van polypropyleen (PP) met een gewicht van 529 gram en een inhoud van 11,8 liter. De virgin PP pot bestaat voor 100% uit virgin PP⁴. De gerecyclede PP pot bestaat voor 97% uit gerecycled PP en voor 3% uit virgin PP (als drager van de kleurstof). Het gewicht van beide potten is gelijk.

Figuur 12 - Elho Torino Campana plantenpot



Methode

We vergelijken de twee versies van de plantenpot met behulp van een levenscyclusanalyse (LCA). Het gaat om een cradle-to-grave analyse, waarbij we de productie en de afvalverwerking van de twee potten meenemen. De gebruiksfase is voor beide potten gelijk en laten we daarom buiten beschouwing.

Deze case is gebaseerd op een analyse die CE Delft eerder heeft uitgevoerd voor Elho. Deze analyse is niet openbaar, dus hieronder benoemen we de belangrijkste aannames voor de berekening:

- **Materiaal:** Het gerecyclede PP wordt in Nederland geproduceerd en de carbon footprint van de recycling is bepaald op basis van gegevens van twee recyclingbedrijven. De carbon footprint van de recycling wordt volledig toegekend aan het gerecyclede materiaal. Voor virgin PP wordt de wereldwijde marktmix voor granulaat uit de Ecoinvent-database gebruikt.
- **Productie:** De carbon footprint van de productie wordt voor het grootste deel veroorzaakt door het energiegebruik van de Elho-fabriek.
- **Transport:** We nemen aan dat de gemiddelde transportafstand van de fabriek naar het verkooppunt 150 km is.

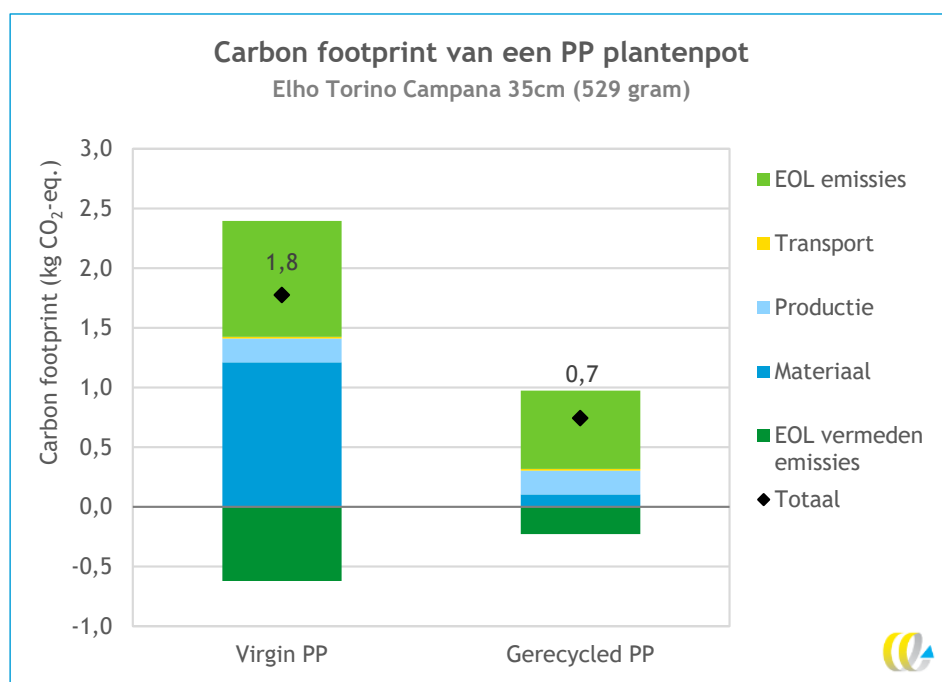
⁴ De virgin versie van deze plantenpot is ter illustratie. Elho maakt deze plantenpotten nu niet meer van virgin materiaal.

- End-of-life (EOL): We nemen aan dat aan het eind van de levensduur de helft van de potten (zowel virgin als rPP) verbrand wordt en de andere helft gerecycled. Zowel verbranding als recycling resulteren in emissies en vermeden emissies (credits)⁵. Bij de virgin PP potten worden de emissies en vermeden emissies van verbranding en recycling beide toegekend aan de pot. Bij de potten van rPP worden alleen de emissies en vermeden emissies van verbranding toegekend, die van recycling niet, dit om dubbeltelling te voorkomen.

Resultaten

In Figuur 13 staan de klimaatimpacts van de twee versies van de Elho plantenpot. De pot van virgin PP heeft een klimaatimpact van 1,8 kg CO₂-eq. De pot van gerecycled PP heeft een klimaatimpact van 0,7 kg CO₂-eq. De lagere klimaatimpact van de pot van gerecycled PP wordt vooral veroorzaakt door een lagere impact van het gebruikte materiaal.

Figuur 13 - De carbon footprint van een Elho plantenpot gemaakt van virgin PP en gemaakt van gerecycled PP



Conclusie

Uit de resultaten kunnen we concluderen dat een plantenpot van gerecycled PP resulteert in een reductie van de carbon footprint van 58% ten opzichte van de carbon footprint van een pot van virgin PP.

⁵ Bij verbranding wordt energie opgewekt. Deze energie wordt ingezet ter vervanging van de gemiddelde elektriciteitsmix of warmteproductie, waarmee de carbon footprint van de productie hiervan vermeden wordt.

A.2 Plastic broodverpakking vs. papieren broodverpakking

Ongeveer 20% van het afval in Nederland bestaat uit verpakkingen. Het produceren en de afvalverwerking van verpakkingen heeft een carbon footprint. Hierdoor denken mensen vaak dat geen verpakking beter is dan wel een verpakking. Dit is echter niet altijd het geval. Bij veel voedselproducten zorgt de verpakking ervoor dat een product langer houdbaar blijft en minder snel beschadigt tijdens transport. Hierdoor hoeft er minder voedsel weggegooid te worden. Gemiddeld zorgt de verpakking maar voor 10% van de milieu-impact van voedsel, terwijl voedselverspilling voor 15% van de milieu-impact zorgt (Centraal, 2021).

In 2014 heeft onderzoeksbureau Denkstatt een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van voedselverpakkingen op voedselverspilling (Denkstatt, 2017). In dit onderzoek hebben ze voor zes cases bepaald wat de carbon footprint van twee verschillende verpakkingen en bijbehorende voedselverspilling is. In een van deze cases vergelijken ze twee verpakkingen van een gevlochten gistbroodje. De resultaten van deze case presenteren we hier om de effecten van het voorkomen van voedselverspilling te laten zien.

Methode

Denkstatt vergelijkt twee verpakkingen van een gistbroodje van 400 gram:

- Een papieren zakje van 11,5 gram met een plastic venster van PP. Bij deze verpakking is de voedselverspilling 11%, doordat het broodje snel uitdroogt.
- Een zakje van OPP film van 3,5 gram. Doordat het broodje in deze verpakking veel minder snel uitdroogt is de voedselverspilling slechts 0,8%.

Alleen de voedselverspilling in het retailkanaal is meegenomen, gebaseerd op data verzameling bij Oostenrijkse retailers. Voedselverspilling binnen huishoudens is buiten de scope van het onderzoek gehouden.

De carbon footprint wordt berekend per 400 gram geconsumeerd broodje. In de carbon footprint berekening zijn de volgende onderdelen meegenomen:

- productie van de verpakking;
- transport van het verpakte broodje;
- afvalverwerking van de verpakking;
- productie van het verspilde voedsel;
- afvalverwerking van het verspilde voedsel.

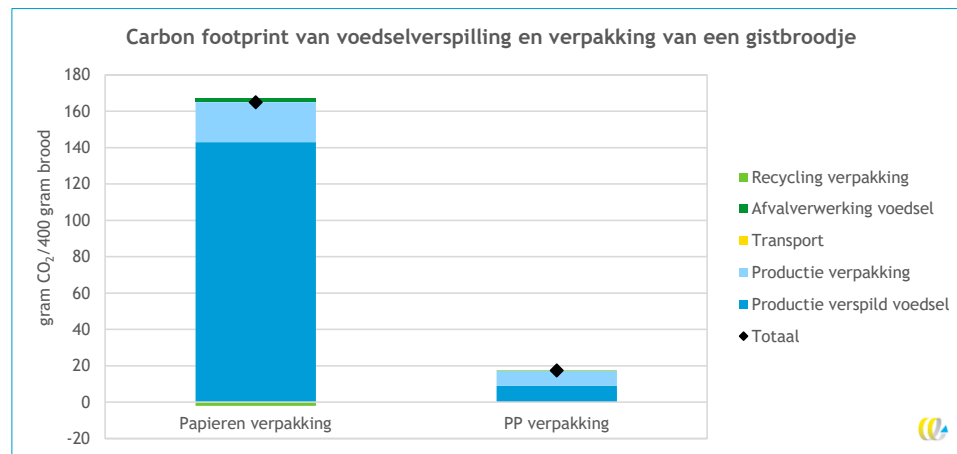
De productie van de 400 gram brood dat geconsumeerd wordt, wordt niet meegenomen in de berekening, omdat dat voor beide verpakkingen hetzelfde is.

Resultaten

De resultaten van de analyse van Denkstatt staan in Figuur 14. De papieren verpakking resulteert in een veel hogere carbon footprint dan de plastic verpakking, het verschil is 148 gram CO₂-eq./400 gram geconsumeerd brood. Dit komt met name doordat de voedselverspilling bij de papieren verpakking veel hoger ligt en er per 400 gram geconsumeerd brood dus meer extra brood geproduceerd moet worden dat uiteindelijk verspild wordt. De lagere voedselverspilling bij de plastic verpakking zorgt ervoor dat de carbon footprint van die verpakking 136 gram CO₂-eq. lager ligt.

De overige 12 gram CO₂-eq.-reductie wordt behaald doordat de carbon footprint van de plastic verpakking (productie + afvalverwerking) zelf ook lager is dan die van de papieren verpakking. De carbon footprint van de afvalverwerking van de plastic verpakking is wel iets hoger dan die van de afvalverwerking van de papieren verpakking, maar dit weegt niet op tegen het grote verschil in de carbon footprints van de productie.

Figuur 14 - De carbon footprint van de voedselverspilling en verpakking van een gistbroodje van 400 gram (gebaseerd op (Denkstatt, 2017))



In dit geval dragen zowel de verminderde voedselverspilling als de verpakking zelf bij aan een lagere carbon footprint. Bij een aantal andere cases die Denkstatt heeft geanalyseerd heeft de verpakking met een lagere voedselverspilling soms wel een hogere carbon footprint. Uit deze analyses blijkt dat de totale carbon footprint van de verpakking met de lagere voedselverspilling dan alsnog lager is dan die van de verpakking met meer voedselverspilling (maar een lagere carbon footprint van de verpakking). Over het algemeen geldt dus dat beter gekozen kan worden voor een verpakking die de meeste voedselverspilling voorkomt dan voor verpakking met de laagste carbon footprint. Dit geldt in het bijzonder bij voedsel dat zelf een hoge carbon footprint heeft, zoals vlees en zuivel.

A.3 Brandstofbesparing door lagere rolweerstand autobanden

De voertuigband is in termen van toegepast gewicht hét product van de rubberindustrie. En voor banden geldt, net als voor veel andere producten in het vervoer, dat de gebruiksfase belangrijker is voor de carbon footprint van het product dan de productiefase of de afvalverwerking (Pirelli, 2020).

De grootste reductie van de carbon footprint kan dan ook behaald worden door de brandstofefficiëntie van de voertuigen te verhogen. Naast het lichter maken van voertuigen, zoals geïllustreerd in Bijlage A.4, draagt ook het verlagen van de rolweerstand van banden bij aan het zuiniger maken van voertuigen. De banden zijn verantwoordelijk voor 20-30% van het brandstofverbruik van een auto (EC, 2018). De bandenindustrie heeft daarom in samenwerking met de Europese Commissie in 2009 een bandenlabel voor rolweerstand geïntroduceerd (EC, 2009).

In deze case kijken we naar het carbon footprint effect van het toepassen van banden met een rolweerstand label A in plaats van banden met rolweerstand label G, F of E. Momenteel worden vooral banden met label E verkocht, de verkoop van banden met label G en F is niet langer toegestaan (Lizeo, 2021). Wel zullen er nog veel auto's rondrijden met banden met label G of F.

Methode

We bepalen het verschil in de carbon footprint van de gebruiksfase van een auto met banden met label A en eenzelfde auto met banden met label E, F of G. We gaan ervan uit dat de carbon footprint van de productie- en de afvalverwerkingsfase voor alle labels vergelijkbaar is en minder dan 10% bedraagt ten opzichte van de gebruiksfase (Pirelli, 2020).

Voor de berekening maken we gebruik van de 'Fuel savings calculator' van de Europese Commissie (EC, 2021). Hierin zijn de volgende gegevens ingevuld:

- een gemiddeld brandstofgebruik van de auto met label-E, F of G van 8l/100 km;
- een levensduur van 60.000 km voor de banden;
- 25% van de ritten in stedelijk gebied en 75% van de ritten op de snelweg.

Daarnaast gaan we uit van een well-to-wheel carbon footprint van benzine (E10 blend) van 2,78 kg CO₂-eq. per liter (CO₂emissiefactoren.nl, 2021).

Resultaten

Tabel 4 geeft de procentuele en totale brandstofbesparing weer bij vervanging van banden met label G, F of E door banden met label A. Het gaat hier om de brandstofbesparing over de gehele levensduur van de banden (60.000 km).

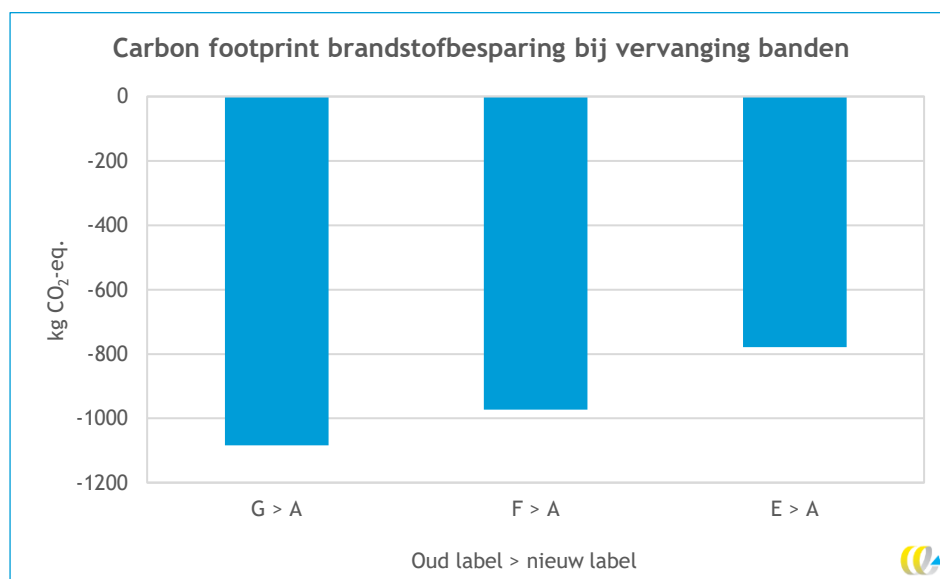
Tabel 4 - Brandstofbesparing en de carbon footprint van die brandstofbesparing bij vervanging van banden met label G, F of E door banden met label A

Oud label	Brandstofbesparing (%)	Brandstofbesparing (l)	Carbon footprint brandstofbesparing (kg CO ₂ -eq.)
G	8	390	1.084
F	7,4	350	973
E	5,8	280	778

Daarnaast is in zowel Tabel 4 als Figuur 15 de carbon footprint van de brandstofbesparing weergegeven. Door banden met label A te monteren in plaats van banden met label E, F of G, kan een carbon footprint-reductie van tussen de 778 en 1.084 kg CO₂-eq. over de gehele levensduur van de banden behaald worden.

Uit onderzoek van RecyBEM blijkt dat de milieuwinst van de inzameling en recycling van autobanden ongeveer 1 kg CO₂-eq. per kg band is. Als we ervan uitgaan dat dit voor alle componenten hetzelfde is, is voor de milieuwinst van het inzamelen en recyclen van de rubber in 4 autobanden ongeveer 14 kg CO₂-eq. De carbon footprint-reductie die behaald kan worden met zuinigere banden is dus veel groter dan de carbon footprint van recycling.

Figuur 15 - De carbon footprint van de brandstofbesparing bij vervanging van banden met label G, F of E door banden met label A over de gehele levensduur van de banden



In 2020 was nog steeds bijna 50% van de in de EU verkochte banden een band met label E en slechts 1% een band met label A (Lizeo, 2021). In 2019 werd in Nederland 129 miljard kilometer afgelegd door personenauto's en lichte bedrijfswagens. Als we ervan uitgaan dat van deze auto's 50% banden met label E heeft, dan levert vervanging van deze banden (aan het eind van de levensduur) door banden met label A een carbon footprint-reductie op van ruim 800 kton CO₂-eq.

A.4 Lichtgewicht vliegtuigen

In de automotieve industrie is het vaak de gebruiksfase die bepalend is voor de carbon footprint van het product, en niet de productiefase of de afvalverwerking. De carbon footprint van de productie en verbranding van brandstof tijdens het gebruik is groter dan de carbon footprint van de productie van materialen in het vervoersmiddel.

De grootste reductie van de carbon footprint kan dan ook behaald worden door de brandstofefficiëntie van de voertuigen te verhogen. Een effectieve manier om voertuigen zuiniger te maken, is door het gewicht te verlagen, bijvoorbeeld door gebruik te maken van lichtgewicht materialen.

Een vrij nieuwe groep van lichtgewicht materialen zijn de carbon-fiber-reinforced polymeren, ook bekend onder de naam koolstofcomposieten. Deze composieten bestaan uit koolstofvezels die met elkaar verbonden zijn door een kunststof. Doordat koolstofcomposieten zeer sterk zijn, worden ze onder andere ingezet om aluminium en staal te vervangen in vliegtuigen.

In deze case kijken we naar het carbon footprint effect van het toepassen van 50% koolstofcomposiet in een vliegtuig, waarmee het gewicht en het brandstofverbruik met 20% verlaagd worden (Boeing, 2020).

Methode

We bepalen het verschil in de cradle-to-grave carbon footprint tussen twee vliegtuigen van vergelijkbaar formaat. Dit houdt in dat we zowel de carbon footprint van de productie, het gebruik en de afvalverwerking meenemen.

We vergelijken in deze case de volgende twee vliegtuigen:

1. Een lichtgewicht vliegtuig gebaseerd op de Boeing 787 Dreamliner, met een gewicht van 130 ton, dat voor 50% bestaat uit composiet en voor 20% uit aluminium.
2. Een 'standaard' vliegtuig dat een vergelijkbaar formaat heeft als het lichtgewicht vliegtuig en 162,5 ton weegt. Het standaard vliegtuig bestaat maar voor 12% uit composiet en voor 64% uit aluminium⁶.

Daarnaast maken we gebruik van de volgende gegevens (Sabic, persoonlijke communicatie, juli 2021):

- het brandstofverbruik van een vliegtuig is 0,069 kg kerosine/zeemijl/ton gewicht;
- een vliegtuig vliegt 30 miljoen zeemijl gedurende zijn levensduur.

De carbon footprint van de materialen en processen die we gebruikt hebben in de analyse staan in Tabel 5.

Tabel 5 - Carbon footprint van materialen en processen

Materiaal of proces	Klimaatimpact (ton CO ₂ -eq./ton)	Opmerkingen/bron
Composiet (productie)	87,3	Ecoinvent: Carbon fibre reinforced plastic, injection moulded {GLO} market for
Aluminium (productie)	12,8	Ecoinvent: Aluminium, wrought alloy {GLO} market for
Kerosine (well-to-wheel)	4,0	CO₂-emissiefactoren.nl
Composiet (verbranding)	2,4	Eigen modellering op basis van gegevens van Vo Dong et al., (2019)
Aluminium (verbranding)	0,014	Ecoinvent: Scrap aluminium {RoW} treatment of, municipal incineration

Door bij het brandstofverbruik uit te gaan van een bepaald verbruik per ton gewicht, resulteert een 20% gewichtsreductie automatisch in een 20% reductie van het brandstofverbruik. Het lagere gewicht is echter niet de enige aanpassing aan de Boeing 787 Dreamliner dat voor het lagere brandstofverbruik zorgt. Zo zijn ook de motoren veel efficiënter. In deze case kijken we daarom ook naar het verschil in klimaatimpact als slechts de helft van de brandstofbesparing is toe te rekenen aan het gebruik van lichtgewicht materialen.

Resultaten

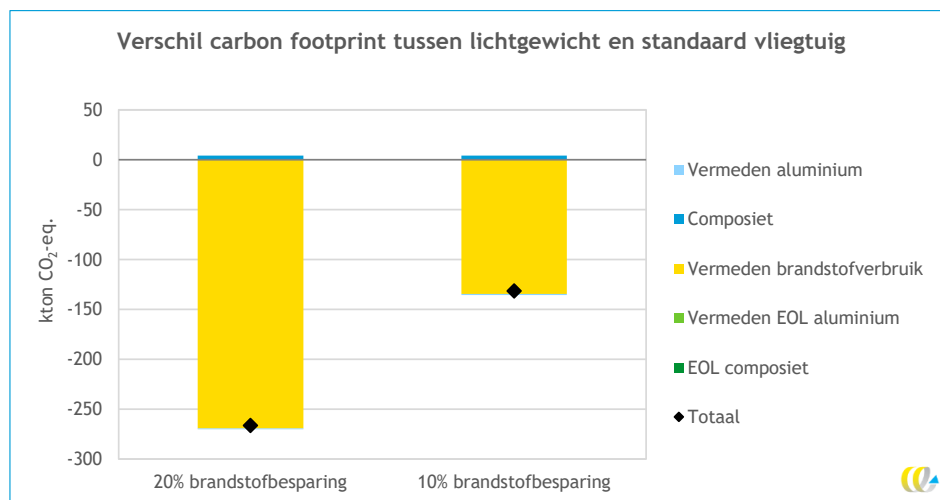
In Figuur 16 staan de resultaten van de analyse. Een lichtgewicht vliegtuig dat 20% minder brandstof verbruikt dan een standaard vliegtuig stoot over de gehele levensduur ongeveer 260 kton minder CO₂-eq. uit. Bij 10% brandstofbesparing is het verschil in uitstoot tussen een lichtgewicht en een standaard vliegtuig 130 kton CO₂-eq.

⁶ We nemen aan dat composiet alleen aluminium vervangt. De hoeveelheden (in gewicht) van de andere materialen zijn in beide vliegtuigen hetzelfde en worden daarom niet meegenomen in de analyse.



Het grote verschil wordt vrijwel geheel veroorzaakt doordat een lichtgewicht vliegtuig minder brandstof verbruikt. De carbon footprint van de productie en afvalverwerking van composiet ligt wel hoger dan de carbon footprint van aluminium, maar wordt ruimschoots goedgehaakt door het lagere brandstofverbruik.

Figuur 16 - Het verschil in klimaatimpact tussen een lichtgewicht vliegtuig en een standaard vliegtuig van hetzelfde formaat over de gehele levensduur van het vliegtuig bij 20% en 10% brandstofbesparing



A.5 Keukenapparatuur met biobased materiaal

Naast gerecyclede plastics vormen ook biobased plastics een duurzaam alternatief voor virgin plastics. Biobased plastics zijn plastics gemaakt van plantaardige materialen. Deze plastics kunnen dezelfde structuur hebben als virgin plastics (zoals bio-PE en bio-PP) en daardoor direct als vervanging dienen, maar ook in andere structuren voorkomen (zoals PLA). Biobased plastics zijn vaak duurzamer dan virgin plastics omdat de biomassa waaruit ze gemaakt worden CO₂ uit de atmosfeer heeft opgenomen.

Philips heeft dit jaar een nieuwe collectie keukenapparatuur op de markt gebracht (de Eco Conscious Ontbijtset), bestaande uit een koffiezetapparaat, een broodrooster en een waterkoker. In deze apparaten is gebruik gemaakt van biobased polypropyleen (PP), gemaakt uit gebruikt frituurvet van zonnebloemolie.

Philips heeft een LCA uitgevoerd waarin de carbon footprint van de ontbijtset gemaakt van biobased PP wordt vergeleken met de carbon footprint van eenzelfde ontbijtset waarin de biobased PP zou worden vervangen door virgin PP.

Methode

De LCA van de keukenapparatuur van Philips is een cradle-to-grave analyse. Omdat de carbon footprint van de verpakking, het gebruik en de end-of-life fase hetzelfde is voor de virgin en de biobased varianten, presenteren we hier echter alleen de cradle-to-gate resultaten. In deze resultaten is de carbon footprint meegenomen van:

- de grondstoffen;
- het transport van de grondstoffen van leveranciers naar de Philipsfabriek;
- de productie van de apparatuur.

De biobased PP die Philips gebruikt is afkomstig van Borealis. De carbon footprint van deze biobased PP is $-0,58 \text{ kg CO}_2\text{-eq./kg}^7$. Dit is een negatief getal doordat de biogene CO_2 -opname is meegenomen in de carbon footprint.

In deze case presenteren we alleen de resultaten van de LCA van het koffiezetapparaat.

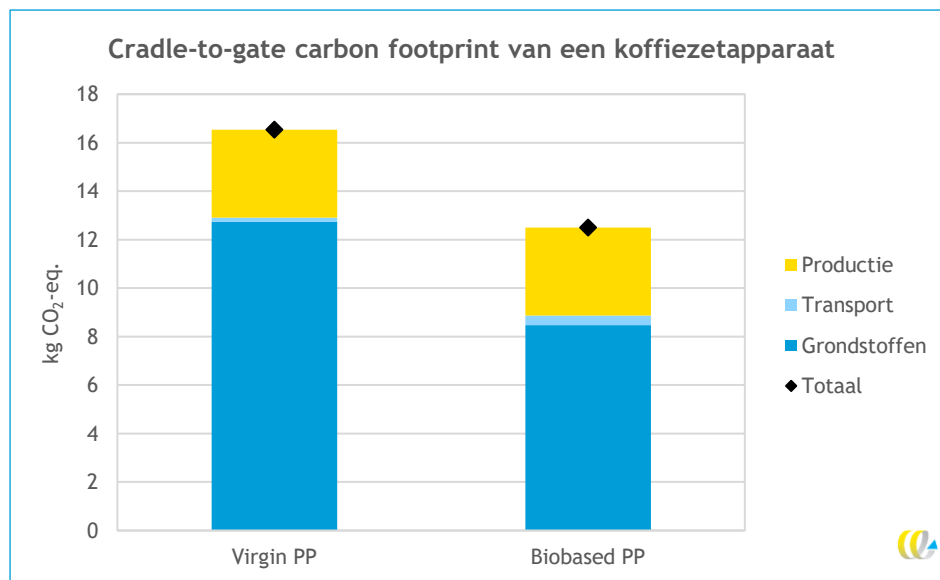
Resultaten

In Figuur 17 staat de cradle-to-gate carbon footprint van zowel het koffiezetapparaat met virgin PP als het koffiezetapparaat met biobased PP. Bij het toepassen van biobased PP ligt de carbon footprint $4,0 \text{ kg CO}_2\text{-eq.}$ lager dan bij virgin PP, waarmee een reductie van de carbon footprint van 24% behaald wordt.

De lagere carbon footprint van het koffiezetapparaat van biobased PP is met name te danken aan de lage carbon footprint van de biobased PP zelf, die $2,7 \text{ kg CO}_2\text{-eq.}$ lager is dan de carbon footprint van virgin PP. De carbon footprint van het transport van de biobased PP is wel iets hoger dan dat van het transport van de virgin PP. De carbon footprint van de productie is voor beide varianten van het koffiezetapparaat hetzelfde.

In Figuur 17 staan alleen de resultaten voor het koffiezetapparaat. Uit de LCA van Philips blijkt dat ook bij de waterkoker en de broodrooster de variant met biobased PP een lagere carbon footprint heeft dan de variant met virgin PP. Bij beide apparaten ligt de carbon footprint van de biobased variant $1,7 \text{ kg CO}_2\text{-eq.}$ lager dan de carbon footprint van de virgin-variant.

Figuur 17 - De cradle-to-gate carbon footprint van een Philips koffiezetapparaat met virgin PP of met biobased PP



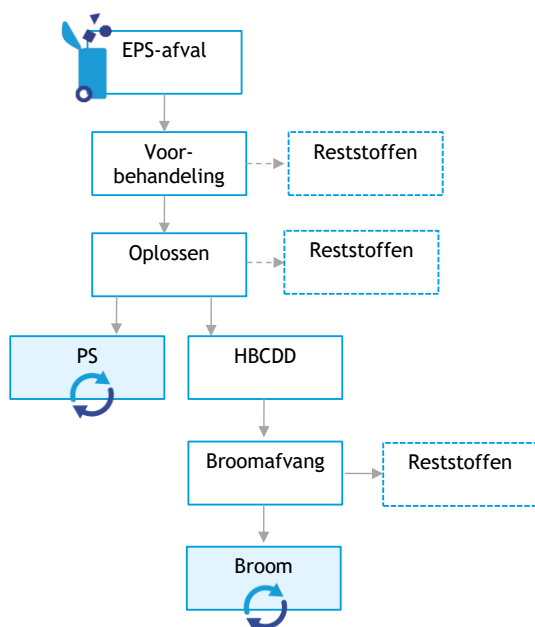
⁷ Dit is de carbon footprint volgens de 'co-product approach', een conservatieve aanpak die in lijn is met de ISO-standaarden voor LCA's. Philips presenteert ook de resultaten waarbij de carbon footprint van de biobased PP berekend volgens de 'waste approach' wordt gebruikt. Deze aanpak resulteert in een lagere carbon footprint, maar is controversiëler.

A.6 Chemische recycling broomhoudend EPS

Expanded polystyreen (EPS), ook wel piepschuim genoemd, heeft een hoge isolatiewaarde en wordt daarom veel toegepast in de bouw als isolatiemateriaal. Ongeveer de helft van het EPS wordt al langer gerecycled. Tot voor kort kon EPS waarin de broomhoudende vlamvertrager HBCDD (verboden sinds 2015) is gebruikt nog niet gerecycled worden. Aan het eind van de levensduur werd dat broomhoudende EPS over het algemeen verbrand.

Voor het recyclen van broomhoudend EPS is echter een oplossing gevonden. In juni 2021 opende PolystyreneLoop Coöperatief een proeffabriek (jaarlijkse capaciteit van 3.300 ton EPS) voor de verwerking van EPS in Terneuzen (PolyStyreneLoop Cooperative, 2021). In deze fabriek wordt het EPS door middel van oplossen⁸ gescheiden van de HBCDD. Tot slot wordt de broom nog teruggewonnen uit de HBCDD middels chemische recycling. Een versimpeld overzicht van het proces wordt weergegeven in Figuur 18.

Figuur 18 - Schematisch overzicht EPS-recycling (Bron: Bewerkt, op basis TÜV Rheinland, (2019))



Methode

De resultaten uit deze case zijn gebaseerd op een LCA uitgevoerd door TÜV Rheinland, waarin verbranding en recycling van broomhoudend EPS worden vergeleken (TÜV Rheinland, 2019). Deze LCA is gebaseerd op experimentele data verzameld voordat de proeffabriek in Terneuzen gerealiseerd was.

⁸ PolyStyreneLoop Coöperatief ziet het recyclen van EPS door middel van oplossen als fysische recycling. Omdat het een innovatieve recyclingtechniek betreft, wordt oplossen vaak samen met andere technieken onder de noemer chemische recycling geschaard, bijv. door de EU (Crippa et al., 2019). In dit rapport sluiten we aan bij deze interpretatie.

In de LCA wordt de klimaatimpact berekend van de verwerking van 1 ton EPS uit externe thermische isolatiesystemen. Dit betekent dat de hele keten van sloop van de gevelisolatie tot verwerking tot nieuw polystyreen is meegenomen. Ook de energie om het EPS te scheiden van de andere materialen in de gevelisolatie is dus meegenomen, net zoals de verbranding van die andere materialen.

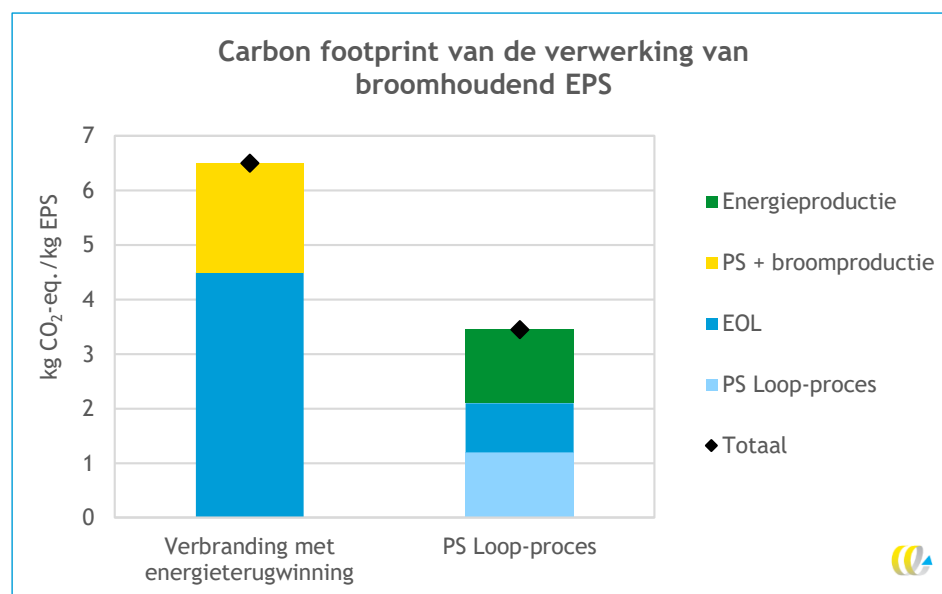
Resultaten

Uit de LCA blijkt dat de carbon footprint van verbranding met terugwinning van energie 6,5 kg CO₂-eq./kg EPS is. De carbon footprint van het PS Loop-proces is 3,4 kg CO₂-eq./kg EPS. Door gebruik te maken van het PS Loop-proces is dus een carbon footprint-reductie van 47% te behalen.

De proeffabriek in Terneuzen kan 3.300 ton EPS per jaar verwerken, wat neerkomt op een carbon footprint-reductie van 10,2 kton CO₂-eq. Volgens PolyStyreneLoop Coöperatief komt er in 2050 naar schatting 150.000 ton broomhoudend EPS vrij. Als deze hoeveelheid materiaal met het PS Loop-proces verwerkt wordt, levert dit een emissiereductie op van 0,46 Mt CO₂-eq.⁹

Na het opstellen van de LCA is in 2019 besloten om de enige gebruikte energiebron; elektriciteit, volledig op CO₂ neutrale EU-wind te om te zetten. Deze verbetering is nog niet in de LCA opgenomen.

Figuur 19 - Carbon footprint van de verwerking van 1 kg broomhoudend EPS uit een extern thermisch isolatiesysteem (in totaal 10 kg afval) via verbranding met energiet terugwinning of het PS Loop-proces



⁹ We gaan bij deze berekening uit van de carbon footprint van verbranding en PS Loop in 2018. In 2050 zal de carbon footprint van beide processen waarschijnlijk anders zijn, doordat de carbon footprints van achtergrondprocessen (zoals de elektriciteitsmix) veranderen. Hierdoor zal ook de carbon footprint-reductie die met dit proces te behalen valt in 2050 anders uitpakken.

B Details scenario's

B.1 Materiaalstromen - kunststoffen

Tabel 6 geeft weer welke materiaalstromen gebruikt zijn in de analyse, in kiloton (kton) per jaar. Als startpunt wordt het jaar 2018 genomen, omdat daar de meest recente informatie voor beschikbaar is. Voor 2030 zijn twee scenario's opgesteld. Deze worden onder de tabel verder toegelicht.

Tabel 6 - Gehanteerde materiaalstromen voor 2018 en 2030, in kton/yr

Materiaalstromen		2018	2030	
			Autonome Ontwikkeling	Geüpdatete Transitieagenda
Gebruik	Virgin productie	1.801	1.687	954
	Mechanische recycling	173	332	656
	Depolymerisatie/oplossen	0	39	77
	Pyrolyse/vergassing	0	72	142
	Biobased productie	20	22	323
	Totaal gebruik	1.994	2.151	2.151
End-of-life	Energieterugwinning (AEC)	617	570	32
	Inzamelen/sorteren voor recycling	316	551	1.089
	Stort	4	0	0
	Totaal end-of-life	937	1.121	1.121
'Opslag' in economie en weglek naar milieu ^a		1.058	1.030	1030

^a Berekend als het verschil tussen de hoeveelheid materiaal dat gebruikt wordt (input) en de hoeveelheid die bij end-of-life belandt (output). Het is onbekend hoeveel kunststof/rubber er op het moment weglekt naar het milieu, maar de sector streeft ernaar dit terug te brengen naar 0 in 2030 (Ministerie I&W & Ministerie van EZK, 2018).

Voor de **startsituatie (2018)** is primair uitgegaan van een studie die in opdracht van PlasticsEurope kunststofstromen in Nederland in kaart heeft gebracht (PlasticsEurope, 2020a)¹⁰. Aanvullend is de Transitieagenda Kunststoffen (Ministerie I&W & Ministerie van EZK, 2018) gebruikt om in te schatten hoeveel biobased materiaal in Nederland wordt ingezet (20 kton/jaar).

Scenario Autonome Ontwikkeling

Het eerste scenario is gebaseerd op de meest recente inschatting van PlasticsEurope Nederland over de ontwikkelingen in het gebruik en de afdanking van kunststof richting 2030 (Stijnen, 2020). Voor de verdeling over verschillende productie- en afdankings-technieken zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Het totale gebruik van gerecycled kunststof (442 kton/jaar) is gelijk gesteld aan de verwachte Nederlandse productie van gerecyclede kunststoffen volgens PlasticsEurope (Stijnen, 2020).

¹⁰ [Infographic Lifecycle Plastics Nederland 2018](#)

- We nemen aan dat gerecycled kunststof voor 75% uit mechanische recycling komt en voor 25% uit chemische recycling. Dit is gelijk aan de verdeling in het streefbeeld 2030 van de Transitieagenda (Ministerie I&W & Ministerie van EZK, 2018). De verdeling binnen chemische recycling (ca. 33% depolymerisatie/oplossen en 66% pyrolyse/vergassing) sluit aan bij de Roadmap Chemische Recycling Kunststof 2030 Nederland¹¹ (Rebel Group & VNO-NCW MKB, 2020).
- Het aandeel biobased kunststof blijft gelijk aan de huidige situatie (ca. 1%).
- Het resterende gebruik van kunststof wordt ingevuld met virgin productie.
- Om te bepalen hoeveel kunststof bij end-of-life uitgesorteerd moet worden voor recycling, wordt gekeken hoeveel mechanisch en chemisch gerecycled materiaal er wordt ingezet gebruikt in Nederland. Dit houdt in dat er geen substantiële import/export van afvalplastic plaatsvindt. We nemen aan dat er in de recycling-processen 10% verliezen optreden bij mechanische recycling, 0% verliezen bij depolymerisatie/oplossen, en 50% verliezen bij pyrolyse/vergassing.
- De hoeveelheid gestort kunststof gaat naar 0, conform de Transitieagenda (Ministerie I&W & Ministerie van EZK, 2018).
- De resterende hoeveelheid afgedankt kunststof gaat naar energierecuperatie in een afvalenergiecentrale.

Scenario Geüpdatete Transitieagenda

In het tweede scenario worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De totale consumptie en hoeveelheid afgedankte kunststoffen blijft gelijk aan Scenario 1.
- Binnen het gebruik van kunststoffen wordt dezelfde verdeling als in de Transitieagenda toegepast. Dit houdt in dat 44% van de gebruikte kunststoffen virgin is, 30% mechanisch gerecycled, 10% chemisch gerecycled, en 15% biobased.
- Voor de end-of-life geldt dat de hoeveelheid materiaal die gesorteerd en gerecycled wordt toeneemt. We hiervoor dezelfde aannames als in het scenario Autonome Ontwikkeling.

B.2 Materiaalstromen - rubber

Tabel 7 geeft weer welke materiaalstromen gebruikt zijn in de rubberanalyse, in kiloton (kton) per jaar. Als startpunt wordt het jaar 2020 genomen, omdat daar de meest recente informatie voor beschikbaar is. Voor 2030 is een scenario opgesteld. Zowel de gegevens voor 2020 als het scenario voor 2030 worden onder de tabel verder toegelicht.

¹¹ De Roadmap geeft een doelcapaciteit van 200-300 kton depolymerisatie en 800-1.200 kton pyrolyse en vergassing. Deze capaciteit verwijst naar de hoeveelheid afgedankt materiaal dat via deze routes verwerkt kan worden (inputkant). In deze studie is aangenomen dat bij pyrolyse/vergassing ca. 50% van het inputmateriaal kan worden omgezet tot nieuwe plastics, terwijl dit bij depolymerisatie 100% is. Hierdoor komen we uit op een productiecapaciteit (outputkant) van 200-300 kton voor depolymerisatie en van 400-600 kton voor pyrolyse en vergassing. De verliezen in de pyrolyseketen komen met name voort uit de inzet van bijproducten als brandstof (bij pyrolyse zelf en in stoomkrakers).



Tabel 7 - Gehanteerde materiaalstromen voor rubber voor 2020 en 2030, in kton/yr

Materiaalstromen		2020	2030
Gebruik	Synthetisch rubber	37	38
	Mechanische recycling	12	18
	Devulkanisatie	0	13
	Natuurrubber	35	36
	Totaal gebruik	83	105
End-of-life	Energierterugwinning (AEC)	15	13
	Inzamelen/sorteren voor recycling	37	53
	Tweede gebruik	10	12
	Loopvlakvernieuwing	5	7
	Totaal end-of-life	63	78
'Opslag' in economie en wegtek naar milieu		20	27

Alle gegevens voor zowel gebruik als end-of-life zijn gebaseerd op gegevens van RecyBEM. Deze gegevens hebben we onderverdeeld in vier categorieën: autobanden, vrachtwagenbanden/motorbanden/overige banden, technische rubberartikelen en granulaten. Per categorie geven we hieronder aan hoe we de ontvangen gegevens verwerkt hebben en welke aannames we gedaan hebben om tot de getallen in Tabel 7 te komen.

Autobanden, vrachtwagenbanden, motorbanden, overige banden

RecyBEM heeft gegevens aangeleverd voor het totaalgewicht aan banden dat in 2020 na gebruik is ingezameld voor verdere verwerking en wat de verdeling is over de verschillende verwerkingsroutes. In dit totaalgewicht zijn alle onderdelen van de band meegenomen, dus ook bijvoorbeeld staal en textiel. In deze analyse kijken we echter alleen naar de impact van rubber. RecyBEM geeft aan dat een autoband voor 18% uit natuurrubber bestaat en voor 25% uit synthetisch rubber. Vrachtwagenbanden bestaan voor 35% uit natuurrubber en voor 11% uit synthetisch rubber.

Het rubbergebruik in banden in 2020 hebben we berekend door de hoeveelheid ingezameld rubber te vermenigvuldigen met 16% (gegevens RecyBEM). Hiermee corrigeren we voor de slijtage van banden tijdens het gebruik en het feit dat banden steeds zwaarder worden.

RecyBEM geeft aan dat in banden ongeveer 4% granulaat uit mechanische recycling wordt toegepast.

Technische rubberartikelen en granulaten

Voor technische rubberartikelen en granulaten heeft RecyBEM aangegeven hoeveel kton er jaarlijks gebruikt wordt. We gaan ervan uit dat er van zowel technische rubberartikelen als granulaten evenveel wordt ingezameld voor verwerking als dat er wordt gebruikt.

Technische rubberartikelen bestaan voor 53% uit rubber. Dit is allemaal synthetisch rubber. Granulaten bestaan voor 100% uit granulaat uit mechanische recycling, hiervan is 55% rubber.

Scenario 2030

Ook het scenario voor 2030 is gebaseerd op gegevens aangeleverd door RecyBEM. We gaan uit van volgende veranderingen ten opzichte van 2020:

- De hoeveelheid ingezameld materiaal neemt toe en daarmee ook de consumptie. We gebruiken hier dezelfde factor van 16% voor de banden.
- 20% van de rubber uit banden en 10% van de rubber uit technische rubberartikelen gaat naar devulkanisatie. Dit gaat ten koste van 18% mechanische recycling en 2% verbranding.
- Al het gedevulkaniseerde materiaal wordt weer in Nederland gebruikt.
- Het aandeel granulaat in banden en de verhouding synthetisch rubber/natuurrubber in banden blijft gelijk.

B.3 Carbon footprints - kunststoffen

In Tabel 8 is weergegeven welke carbon footprints worden gebruikt voor de kunststof materiaalstromen (gebruik of end-of-life).

Tabel 8 - Carbon footprint per materiaalstroom voor kunststof, kg CO₂-eq./kg (cradle-to-gate of afvalverwerking)

Materiaalstroom		Carbon footprint		Toelichting/bronnen
		2018	2030	
Gebruik	Virgin productie	2,3	1,8	Eco-profiles PlasticsEurope, gewogen naar Europese vraag polymeersoorten (PlasticsEurope, 2021) (PlasticsEurope, 2020b)
	Mechanische recycling	0,5-2,0	0,4-1,6	CE Delft, (2021)
	Depolymerisatie/oplossen	1,0	0,8	Screening LCA Ioniga, CE Delft, (2018)
	Pyrolyse/vergassing	3,2	2,5	BASF Chemcycling (BASF, 2020)
	Biobased productie	0,9-2,2	0,7-1,7	EU Biospri project (COWI & University of Utrecht, 2018), aangepast door CE Delft (zie uitleg onder tabel)
End-of-life	Energieterugwinning (AEC)	1,7	1,7	Berekening CE Delft. Directe CO ₂ -emissies en energierterugwinning in AEC bepaald o.b.v. polymeerstructuren, verbrandingswaardes en Nederlandse AEC-rendementen. Aanname: transport van 40 km naar AEC. Gewogen naar Europese vraag polymeersoorten.
	Inzamelen/sorteren voor recycling	0,0	0,0	Geen carbon footprint; de klimaatimpact van het verzamelen en sorteren is meegenomen bij het gebruik van gerecycled materiaal, en wordt dus niet aan de afdanking toegerekend.
	Stort	0,1	0,1	Ecoinvent (Wernet et al., 2016), <i>Waste polyethylene terephthalate [CH] treatment of waste polyethylene terephthalate, sanitary landfill</i>

Hierbij zijn een aantal opmerkingen van belang:

- Bij een aantal materiaalstromen is een bandbreedte van carbon footprints gebruikt (biobased en mechanische recycling). Dit is gedaan omdat bij deze stromen de onzekerheid in welke kunststofsoorten ingezet worden relatief groot is (met name voor 2030).
- De carbon footprints voor 2018 zijn gebaseerd op de bronnen die in Tabel 8 vermeld staan. Voor 2030 wordt aangenomen dat er een jaarlijkse reductie van 2% bij alle productiestappen gerealiseerd wordt. Dit wordt nader toegelicht in het kader hieronder.
- De carbon footprints voor gebruik houden rekening met alle stappen tot en met de productie van granulaat. De verdere bewerking tot eindproducten is apart meegenomen (zie Paragraaf B.5).
- De carbon footprint van additieven in plastics is niet gemodelleerd.
- Het gebruik van gerecycled materiaal kan bijdragen aan het verminderen van plasticverbranding in AEC's, doordat meer materiaal verzameld, uitgesorteerd en gerecycled moet worden. In sommige studies op productniveau wordt de klimaatimpact van de vermeden verbranding toegerekend aan het gerecyclede product. In deze studie is deze 'bonus' niet meegenomen, waardoor de waardes kunnen afwijken van andere studies. We kiezen hiervoor omdat het model de gehele Nederlandse consumptie en afdanking van kunststoffen meeneemt, waardoor in de materiaalstromen (Tabel 2) een hogere inzet van gerecycled materiaal al gepaard gaat met een reductie in materiaal dat naar AEC's gestuurd wordt. Vice versa wordt er geen 'milieubonus' voor het vermijden van primaire plasticproductie toegekend voor het sturen van materiaal naar recycling.
- Er is aangenomen dat de Europese vraag naar de verschillende polymersoorten representatief is voor de situatie in Nederland, bijv. bij virgin productie en energieretourwinning.
- In het model wordt de klimaatimpact van het inzamelen en sorteren van afgedankte plastics toegekend aan het produceren van gerecyclede plastics ('cut-off approach'). De klimaatimpact van deze processen komt dus terug bij het consumeren van gerecyclede plastics, terwijl het aanleveren van afgedankte plastics voor recycling géén klimaatimpact met zich meebrengt. Omdat in de scenario's zowel de Nederlandse consumptie als end-of-life meegenomen worden en aangezien een toename van de inzet van recyclelaat gekoppeld is aan een toename in het inzamelen en sorteren van materiaal, heeft deze keuze geen grote invloed op de totaalresultaten.
- Voor biobased kunststoffen is gebruik gemaakt van de recente Europese Biospri-studie (COWI & University of Utrecht, 2018). Hierbij zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd/keuzes gemaakt:
 - Resultaten zijn omgerekend naar 1 kg kunststofgranulaat;
 - De carbon footprint van indirecte landgebruiksverandering (iLUC) is meegenomen;
 - De omzetting van granulaat tot eindproduct (meegenomen in de Biospri-studie) is berekend door CE Delft en afgetrokken van de resultaten. Hierdoor zijn ze vergelijkbaar met de overige carbon footprints in het model.
 - De (tijdelijke) opslag van biogene koolstof in biobased kunststoffen is meegenomen.Hiermee zijn carbon footprints voor de productie van bio-PET, bio-PE, PLA en zetmeelplastics bepaald. Op basis van de huidige wereldwijde productiecapaciteit en verwachtingen richting 2025 van European Bioplastics (European Bioplastics, 2020) is een inschatting van de marktaandelen van de polymeren gemaakt om tot een gewogen gemiddelde carbon footprint te komen. In de gehanteerde carbon footprints (Tabel 8) is een onzekerheidsbandbreedte gebruikt om rekening te houden met andere biobased polymersoorten met een mogelijke lagere/hogere carbon footprint. Deze bandbreedte is relatief groot, omdat rond biobased een aantal methodologische kwesties speelt rond biobased (biogene koolstof, iLUC) en er een beperkt aantal casestudies beschikbaar is. Ook dient hierbij vermeld te worden dat de resultaten voor individuele biobased polymeren sterk verschillen. Dit betekent dat de gemiddelde carbon footprint van biobased plastics verlaagd kan worden door vooral gebruik te maken van polymeer-



soorten met een lage carbon footprint (terwijl de huidige analyse uitgaat van een marktmix die niet milieukundig geoptimaliseerd is).

B.4 Carbon footprints - rubber

In Tabel 9 is weergegeven welke carbon footprints worden gebruikt voor het gebruik en de end-of-life van rubber.

Tabel 9 - Carbon footprint per materiaalstroom voor rubber, kg CO₂-eq./kg (cradle-to-gate of afvalverwerking)

Materiaalstroom		Carbon footprint		Toelichting/bronnen
		2020	2030	
Gebruik	Synthetisch rubber	2,5-3,1	1,9-2,8	Gegevens ontvangen van RecyBEM, gebaseerd op gegevens van ETRMA.
	Mechanische recycling	0,15-0,2	0,1-0,2	Gegevens ontvangen van RecyBEM, gebaseerd op Ectotest banden onderzoek.
	Devulkanisatie	0,5-0,6	0,3-0,5	Gegevens ontvangen van RecyBEM, gebaseerd op Ectotest banden onderzoek.
	Natuurrubber	0,35-0,45	0,25-0,4	Gegevens ontvangen van RecyBEM, gebaseerd op gegevens van ETRMA.
End-of-life	Energieterugwinning (AEC)	2,2	2,6	Berekening CE Delft. Directe CO ₂ -emissies en energierterugwinning in AEC bepaald o.b.v. polymeerstructuren, verbrandingswaardes en Nederlandse AEC-rendementen. Aanname: transport van 40 km naar AEC. Gewogen naar Europese vraag polymersoorten.
	Inzamelen/sorteren voor recycling (mechanisch en chemisch)	0,0	0,0	Geen carbon footprint; de klimaatimpact van het inzamelen en sorteren is meegenomen bij het gebruik van gerecycled materiaal, en wordt dus niet aan de afdanking toegerekend.
	Tweede gebruik	0,5-0,6	0,5-0,6	Carbon footprint van uiteindelijke verwerking na tweede gebruik toegerekend aan band ingezameld voor tweede gebruik op basis van gereden afstand. Zie hieronder voor meer toelichting.
	Loopvlakvernieuwing	0,1-0,2	0,1-0,2	

- RecyBEM heeft gegevens aangeleverd voor de carbon footprint van de mechanische recycling van rubber. Het gaan hier om een carbon footprint per kg input in het mechanische recyclingproces. Om dit om te rekenen naar een carbon footprint per kg rubber recycleert (output), gaan we uit van een uitval tijdens het recyclingproces van 12% (op basis van gegevens van RecyBEM).
- Ook voor devulkanisatie hebben we de gegevens ontvangen per kg input materiaal. Er vindt echter geen uitval plaats bij devulkanisatie (informatie RecyBEM), dus de carbon footprint per kg output is hetzelfde.
- Het tweede gebruik van autobanden zelf heeft geen carbon footprint. Echter worden de banden na het tweede gebruik alsnog afgedankt en verwerkt. Een deel van de carbon footprint van deze verwerking bij het einde van de levensduur kennen we toe aan het gebruik in Nederland. Deze toerekening doen we op basis van de gereden afstand. Bij het eerste gebruik in Nederland wordt gemiddeld 40.000 km op een band gereden. Bij het tweede gebruik wordt nog ongeveer 8.000 km op een band gereden. Daarom



wordt 83% van de carbon footprint van de uiteindelijke verwerking toegekend aan de voor tweede gebruik ingezamelde band. Zo komen we op een gemiddelde carbon footprint voor het rubber uit autobanden ingezameld voor tweede gebruik, waarbij we de volgende factoren meenemen:

- 33% van het tweede gebruik vindt plaats in Nederland. Aangezien deze banden uiteindelijk na het tweede gebruik ook weer in Nederland worden ingezameld en verwerkt, kennen we hier nu geen impact aan toe.
 - 33% van het tweede gebruik vindt plaats binnen de EU. We nemen aan dat 50% van deze banden na het tweede gebruik verbrand wordt met energierugwinning (voor de cementproductie) en 50% wordt ingezameld voor mechanische recycling.
 - 33% van het tweede gebruik vindt plaats buiten de EU. We nemen aan dat 20% van deze banden na het tweede gebruik wordt verbrand met energierugwinning. 30% wordt mechanisch gerecycled en 50% komt in een overige toepassing terecht (zoals stort of alternatief gebruik) waarvan we aannemen dat de klimaatimpact verwaarloosbaar is.
- In het model wordt de klimaatimpact van het inzamelen en sorteren van afgedankt rubber toegekend aan het produceren van gerecycled rubber ('cut-off approach'). De klimaatimpact van deze processen komt dus terug bij het consumeren van gerecycled rubber, terwijl het aanleveren van afgedankt rubber voor recycling géén klimaatimpact met zich meebrengt. Omdat in de scenario's zowel de Nederlandse consumptie als end-of-life meegenomen worden en aangezien een toename van de inzet van recyclelaat gekoppeld is aan een toename in het inzamelen en sorteren van materiaal, heeft deze keuze geen grote invloed op de totaalresultaten.

B.5 Omzetting tot eindproducten - kunststoffen

De klimaatimpact van de omzetting van kunststofgranulaat/rubber tot eindproducten is apart berekend. We gaan hier uit van het Sectorrapport voor de meerjarenafspraken (MJA) energie-efficiëntie (RVO, 2020). Het totale energieverbruik van bedrijven binnen de rubber- en kunststofsector die deelnemen aan de MJA wordt geschat op 9.634 PJ primaire energie. Hiervan bestaat ca. 82% uit elektriciteit en 18% uit warmte.

We gebruiken in de berekening verder de volgende aannames/rekenstappen:

- We nemen aan dat het energieverbruik tussen 2018 en 2030 met 2% per jaar afneemt.
- Het energieverbruik wordt verdeeld over de productie van kunststoffen (96%) en die van rubbers (4%) op basis van de gebruikte materiaalstromen (zie Tabel 2 en Tabel 3).
- Waardes voor primaire energie zijn door middel van Ecoinvent-datasets teruggerekend naar finale energie. We nemen aan dat aardgas wordt gebruikt om in de warmtevraag te voldoen en dat de verhouding finale/primaire energie 86% bedraagt. Voor elektriciteit is dit 40%.
- De MJA rapporteert over de Nederlandse productie, maar deze studie richt zich op de Nederlandse consumptie. We hanteren de huidige verhouding tussen de productie en het gebruik van kunststof eindproducten (83%) om hiervoor te corrigeren, op basis van getallen uit de infographic van PlasticsEurope (PlasticsEurope, 2020a).
- We nemen aan dat het energieverbruik dat wordt vermeld in de MJA-rapportage voor 2018 ca. 50% van de totale rubber- en kunststofomzetting in Nederland beslaat. Dit is een voorzichtige inschatting van de NRK, gebaseerd op het feit dat MJA's alleen opgezet konden worden als >80% van de bedrijven in een sector deelnamen. Over tijd is het aantal deelnemende bedrijven iets teruggelopen. Daarnaast vallen niet alle bedrijven die rubber en kunststof verwerken (binnen scope van dit project) onder SBI-code 22 (scope van de MJA-cijfers).



- We gebruiken een carbon footprint van 0,48 kg CO₂-eq. per kWh (finale) elektriciteit en van 0,06 kg CO₂-eq. per MJ (finale) warmte (CO₂emissiefactoren.nl, 2021, Wernet et al., 2016).

B.6 Omzetting tot eindproducten - rubber

Er zijn geen gegevens beschikbaar over het totale energiegebruik bij converters van rubber. RecyBEM geeft aan dat voor de productie van autobanden in Nederland een klimaatimpact van 1,15 kg CO₂-eq. per band waarschijnlijk een goede indicatie is. Zij nemen aan dat de energie die nodig is voor de productie van een band hoofdzakelijk aan de rubbercompound kan worden toegeschreven. De klimaatimpact voor de productie van 1 kg rubber compound is dan ongeveer 1,35 kg CO₂-eq. We nemen aan dat dit getal ook geldt voor de productie van andere rubberproducten.

RecyBEM geeft aan dat de productie van banden in de toekomst meer energie zal gaan kosten. Dit komt doordat er meer silicabanden geproduceerd zullen worden waarvan de productie op hogere temperaturen plaatsvindt. Silicabanden hebben wel als voordeel dat het brandstofverbruik van de auto afneemt. In tegenstelling tot de analyse bij kunststoffen nemen we dus geen efficiëntieverbetering van 2% aan voor de converters. We nemen aan de toename in energieconsumptie gecompenseerd zal worden door efficiëntieverbeteringen op andere vlakken en gaan er daarom vanuit dat de carbon footprint van de omzetting tot eindproducten in 2030 gelijk zal zijn aan die in 2020.