

Plastics: circulaire routes voor productie en gebruik

In dit artikel, het laatste in een serie van vier, kijken we hoe we de plastic-keten circulair kunnen maken. In een korte R-ladder (reduce, re-use, recycle) denk je eerst na over verminderen van gebruik, pas daarna komen hergebruik en recyclen aan de beurt. Dit artikel beperkt zich tot hergebruik en recycle.

In 2023 werd iets meer dan 410 miljoen ton plastic geproduceerd: meer dan 50 kg per wereldbewoner. Ruim 90% werd nieuw gemaakt uit fossiele grondstoffen. De rest kwam uit gerecycled materiaal (9%) en biomassa (<1%). Voor Europa lag het percentage gerecycled wat gunstiger, op bijna 21%. Het grootste deel van de polymeren wordt na gebruik verbrand in afvalverwerkingsinstallaties of gestort. Een deel komt in het milieu terecht als zwerfafval en eindigt als micro- en nanoplastics. Wereldwijd komt ongeveer 0,5% ofwel bijna 2 miljoen ton per jaar, in de oceaan terecht. (Data van 'Plastics Europe' en 'Our World in Data')

Gewenste situatie voor 2050

Een recente whitepaper over de toekomst van polymeren van de Vereniging voor de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI) verdeelt plastics in twee groepen: polyolefinen (63%) en zuurstofhoudende polymeren (37%). PE en PP vertegenwoordigen het grootste deel van de polyolefinen, de rest bestaat uit PVC en PS. Voorbeelden van zuurstofhoudende polymeren zijn polyesters waaronder PET, en polycarbonaten.

De routes moeten Net-Zero zijn (geen CO₂-uitstoot), circulair zijn, en geen afval produceren. De hele keten en de producten moeten 'safe and sustainable by design', dus veilig en duurzaam worden ontworpen.

Eerste route: mechanisch recycling met omsmelten

De eenvoudigste en weinig energie vergende route is mechanisch recyclen. De afvalsor-

teerder scheidt eerst plastic van het overige afval. Daarna worden plastics verder gescheiden door gebruik te maken van dichtheidsverschillen, of door systemen die op herkenning met IR zijn gebaseerd. Met stromen van zuivere materialen is recyclen eenvoudig, het verwerken van gemengde materialen (denk aan materialen die uit verschillende laagjes kunststof bestaan of materialen die nog resten bevatten van producten die in verpakkingen hebben gezeten) is veel moeilijker. Een extra complicatie: verschillende plastics bevatten per toepassing verschillende hoeveelheden additieven, zoals weekmakers, vlamvertragers, pigmenten, en vulstoffen.

Thermoplasten, thermoharders en elastomeren

In het onderwijs is de verdeling van plastics ofwel polymeren in thermoplasten en thermoharders gangbaar. Thermoplasten worden vervormbaar bij verhitting, en weer hard bij afkoelen. Zowel olefinen als zuurstofhoudende polymeren zijn vrijwel uitsluitend thermoplasten. Voor beiden is de mechanische route met omsmelten de eerst aangewezen route. Daarvoor zijn wel zuivere polymeren nodig.

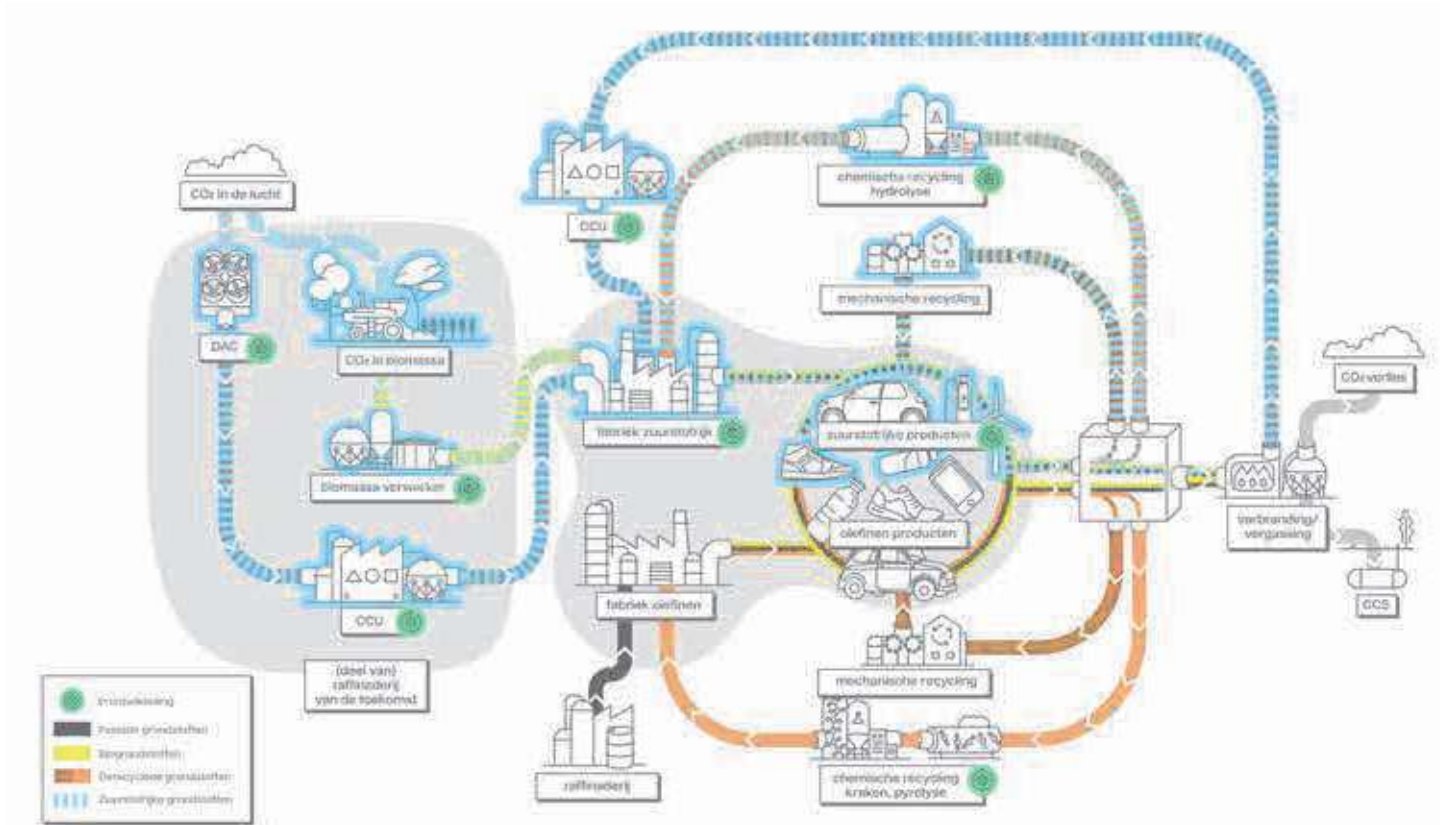
Thermoharders zijn erg moeilijk te recyclen, omdat ze niet smelten bij verwarming. Dit is eenvoudig te demonstreren met een brander en een wandcontactdoos/stopcontact. Ze maken slechts een klein deel uit van de gebruikte plastics en blijven hier buiten beschouwing. Het rubber in autobanden is een voorbeeld van een elastomeer. Ze worden al voor een deel gerecycled. De EU is met haar regelgeving hier verder mee dan de VS.

De tweede route: chemische recycling

Sommige polymeren, zoals polystyreen, zijn op te lossen en als polymeerkorrels terug te winnen, die dan bijna als nieuw kunnen worden ingezet. Tijdens het oplossen en precipitatieproces kunnen onopgeloste delen en pigmenten worden verwijderd. Dit maakt chemisch recyclen hier een aantrekkelijke optie. Dit is als proefje met aceton als oplosmiddel en een bekertje van polystyreen eenvoudig te demonstreren.

De zuurstofhoudende polymeren kunnen met hydrolyse relatief eenvoudig worden omgezet naar monomeren. Zoals een ester met water wordt gehydrolyseerd, zo worden ook polyesters gehydrolyseerd.

Deze vorm van 'depolymerisatie' werkt helaas niet voor de olefinen. Mengsels van olefinen kunnen wel via kraakprocessen en pyrolyse uiteindelijk in lichtere fracties en monomeren worden omgezet. Deze processen kosten veel energie, en zijn niet heel selectief: ze leveren naast de monomeren ook andere producten. De polymeren zijn grote moleculen die hoog-viskeus, en vaak ook gewoon vast zijn, en daarnaast meestal hydrofoob. Dat maakt het lastig voor reactanten en katalysatoren om de bindingen te bereiken die moeten worden aangevallen. Het ontwerp van de processen moet daar rekening mee houden. Voor de polyolefinen, is het grovere geslacht van pyrolyse of vergassen nodig. Bij pyrolyse wordt zonder zuurstof verhit tussen de 300 en 900 °C. Dit levert net als bij pyrolyse van biomassa een olie-achtig mengsel, dat kan worden bijgemengd in krakers en zo terugkomt in de keten. Met kraken en milde oxidatie

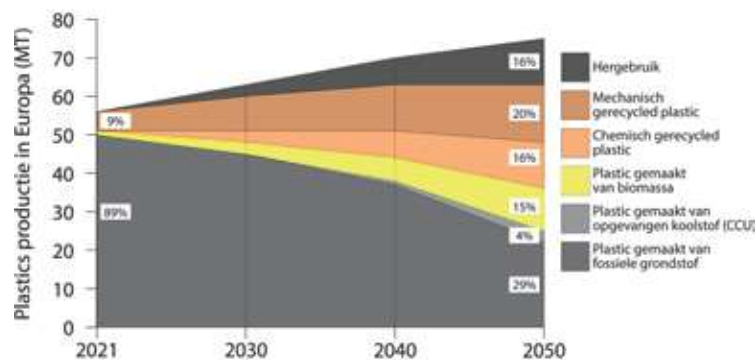


Figuur 1. Huidige en te realiseren routes voor het circulair maken van de plastics-ketens. De figuur is met toestemming afgeleid van het whitepaper van de VNCI. DAC is Direct Air Capture van CO₂, CCU is Carbon Capture and Use, CCS is Carbon Capture and Storage. Deze begrippen zijn in de eerdere artikelen in deze serie besproken. De fossiele raffinaderij is nog niet vervangen door de duurzame en niet-fossiele variant zoals besproken in deel 1 (zie NVOX 3).

kunnen olefinen daarnaast worden omgezet in waardevolle producten als tereftaalzuur of aromaten. Bij pyrolyse ontstaat ook CO₂. Dit moet dan afgevangen en verwerkt worden. Vergassing levert synthegas op waarmee monomeren kunnen worden gemaakt via processen die we in de eerdere delen van de serie hebben besproken.

Nieuwe routes

Ook wordt onderzoek gedaan naar nieuwe routes, die beginnen bij biomassa of zelfs CO₂ als grondstof, zie figuur 1 en de eerdere artikelen uit deze serie. Ook daarbij geldt het 'safe and sustainable by design'-principe. Een folie uit verschillende lagen kan heel goed voor de toepassing zijn, maar toch niet duurzaam omdat het geheel niet te recycleren is. Hetzelfde geldt voor matrassen of hardloopschoenen. Ook is de vraag of we bestaande polymeren één op één moeten vervangen, 'drop in', of dat we nieuwe polymeren moeten ontwerpen. Daarbij kunnen polymeren 'overdesigned' zijn voor bepaalde toepassingen. Denk aan onverwoestbaar polyetheen voor boterhamzakjes. Dit soort polymeren zou veel op biopolymeren kunnen lijken of meteen uit biomassa kunnen worden gemaakt.



Figuur 2. Roadmap naar duurzame plastic-productie in Europa, gebaseerd op data van Plastics Europe. Het aandeel van fossiele brandstoffen daalt van 88% nu naar 35% in 2050. Het aandeel van biomassa stijgt naar 15%.

De Europese doelen

In de roadmap van Plastics Europe dragen verschillende recycling-opties bij aan de daling van het fossiele aandeel. Bij 'plastics uit biomassa' kunnen we denken aan polymelkzuur, maar ook meer conventionele plastics waarvoor de monomeren uit biomassa worden gemaakt zoals etheen uit ethanol (Zie deel 3 in NVOX 6). Merk hierbij op dat van 'reduce' of 'refuse' geen sprake is. Plastics gemaakt uit opgevangen koolstofdioxide krijgen een bescheiden aandeel van 4%. (Zie deel 2 in NVOX 4.)

Conclusie

Willen we de plastic-routes duurzaam maken dan zijn de huidige routes zijn nog lang niet efficiënt genoeg. Het 'depolymeriseren' naar monomeren is alleen voor zuurstofhoudende polymeren mogelijk. Bij olefinen kunnen

wel bruikbare producten worden gemaakt bij het voorzichtig afbreken van plastic. Nieuwe routes zijn in ontwikkeling maar nog niet concurrerend. Het aandeel van biomassa en opgevangen koolstof in de grondstoffen kan groeien tot wel 20% in 2050. De overheid kan recycling stimuleren door strengere regels in te voeren, maar laat op dit moment de markt het probleem oplossen, waardoor een aantal plastic-recyclers lijken te sneuvelen (zie Volkskrant 30 mei 2025). De bronnen bij dit artikel staan op de NVON-website. ●