



# Materialen module

Informatie over materialen voor CIRCO trainers en deelnemers

Samengesteld door: Siem Haffmans, Jos Vlugter en Jannes Nelissen

Partners for Innovation, versie 1.0 (maart 2020)

## Inhoud

<b>1. Inleiding</b>	3
<b>2. Overzicht materialen &amp; sectoren</b>	6
2.1 Verpakkingen en disposables	8
2.2 Consumentengoederen	9
2.3 Maakindustrie	10
2.4 Bouw	12
<b>3. Kunststoffen</b>	13
3.1 Productie: milieu-impact	13
3.2 Gebruik: toepassingen	14
3.3 End-of-Life	15
<b>4. Metalen</b>	17
4.1 Productie: milieu-impact	17
4.2 Gebruik: toepassingen	18
4.3 End-of-life	19
<b>5. Keramische materialen</b>	21
5.1 Productie: milieu-impact	21
5.2 Gebruik: toepassingen	22
5.3 End-of-life	22
<b>6. Hout, papier en karton</b>	23
6.1 Productie: milieu-impact	23
6.2 Gebruik: toepassingen	23
6.3 End-of-life	25
<b>7. Andere natuurlijke materialen</b>	26
7.1 Productie: milieu-impact	26
7.2 Gebruik: toepassingen	27
7.3 End-of-life	27

## 1. Inleiding

Ontwerpers zijn geneigd om bij Circulair Ontwerpen al snel te focussen op materialen. Dat is logisch, want materialen zijn zichtbaar en tastbaar, ook wanneer de producten die ervan zijn gemaakt defect, beschadigd of afgedankt zijn. Daarom is het belangrijk dat we onze materialen zodanig kiezen of ontwerpen, dat ze zo min mogelijk schade veroorzaken aan onze leefomgeving.

### Een weloverwogen circulaire materiaalkeuze maken

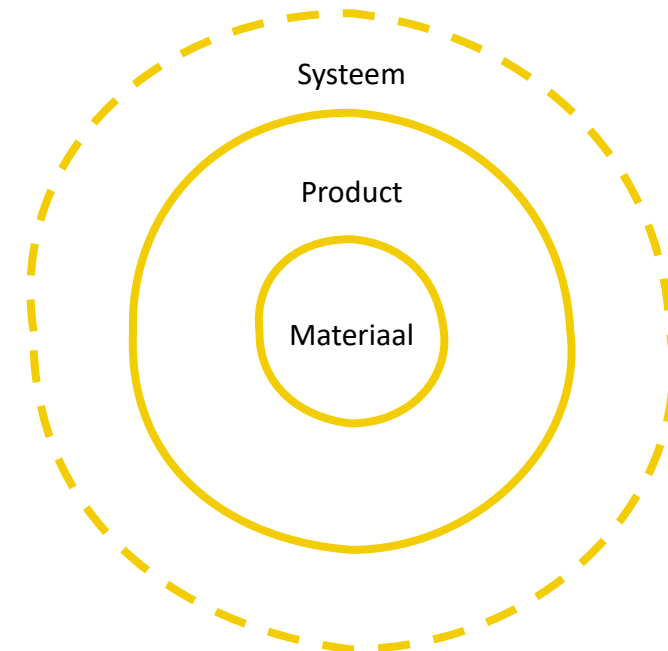
De moeilijkste vraag die je een ontwerper kunt stellen is: 'wat is het duurzaamste materiaal?'. Het enige legitieme (en genuanceerde) antwoord is namelijk: 'dat hangt ervan af wat je ermee wilt gaan doen'. Een materiaal heeft altijd een bepaalde toepassing en gebruikcontext. Wanneer je alternatieven eerlijk wilt vergelijken is een levenscyclusanalyse (LCA) noodzakelijk. Toch zijn er vragen die je kunt beantwoorden om je bij het kiezen van een materiaal enige houvast te geven.

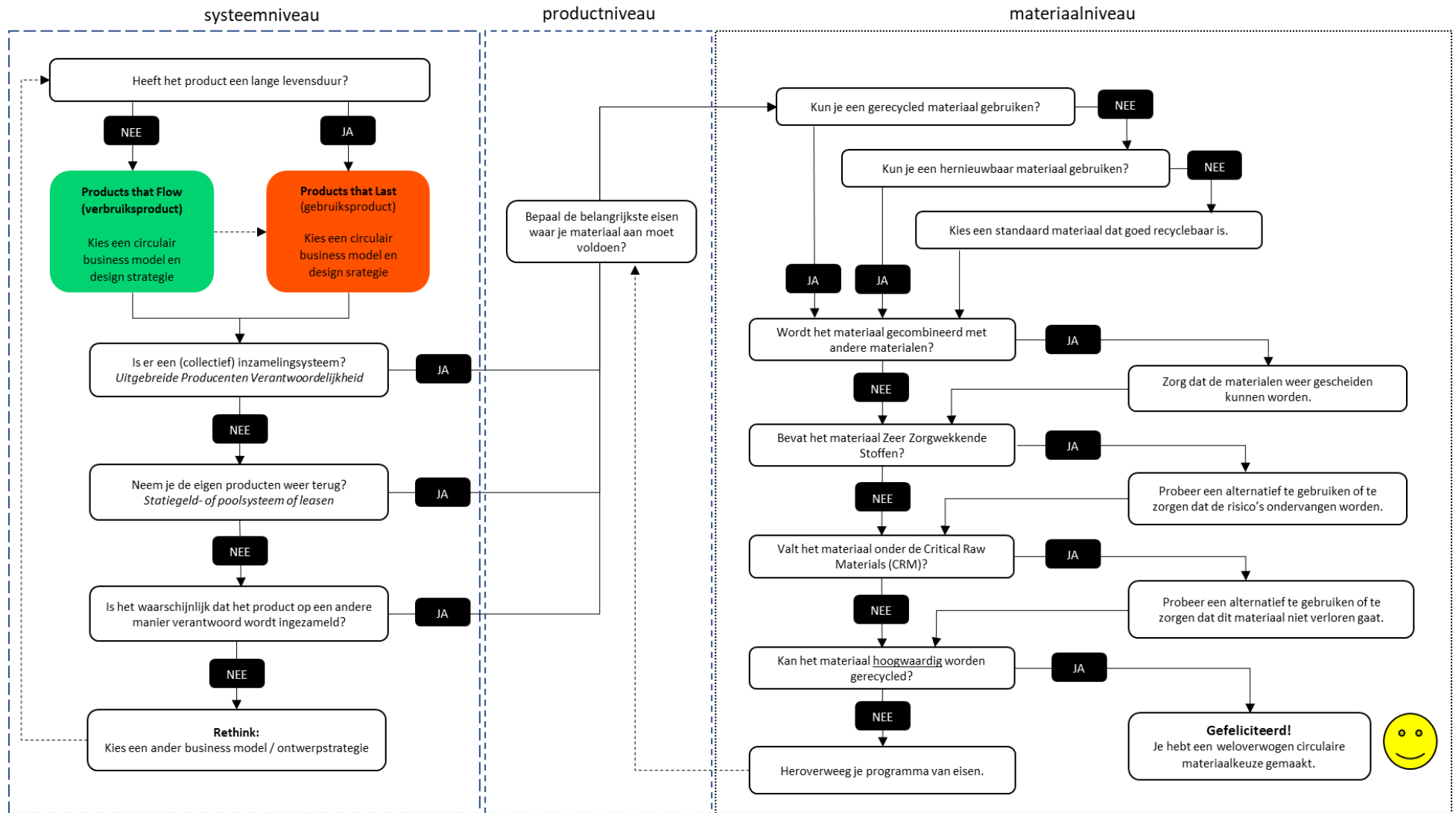
Binnen CIRCO kijken we altijd naar materialen in relatie tot de toepassing (productniveau) en het systeem waarin dit product functioneert (systeemniveau). Hierbij is de levensduur van een product van belang omdat we de waarde van producten en materialen zo lang mogelijk willen behouden. Als van een product de technische levensduur langer is dan de economische levensduur ontstaat na verloop van tijd de situatie dat het nog wel functioneert, maar dat het voordeliger is het te vervangen door iets moderners, bijvoorbeeld vanwege lagere gebruiks- en onderhoudskosten.

- **Systeemniveau;** Het systeemniveau bestaat uit de gehele levensketen: van de winning van grondstoffen, productie, distributie, gebruik, inzameling en herverwerking. De ontwerper moet weten waar grondstoffen vandaan komen en wat er na gebruik met een product of verpakking gebeurt. Voor elk van de verschillende processen is de uitdaging om schadelijke effecten van de flow te minimaliseren en te zoeken naar circulaire kansen. Het kiezen van een circulair businessmodel heeft grote invloed op de uiteindelijke materiaalkeuze.
- **Productniveau;** Zodra de context van het systeem duidelijk is vastgesteld, kunnen de functies van het product en de gewenste eigenschappen van de benodigde

materialen worden bepaald. Houdt hierbij in gedachten dat het ontwerpproces een iteratief proces is. Mogelijk moeten eerdere beslissingen worden heroverwogen door voortschrijdend inzicht. Daarom is het goed om het proces te starten met een helder programma van eisen, dat voldoende ruimte laat voor innovatieve oplossingen.

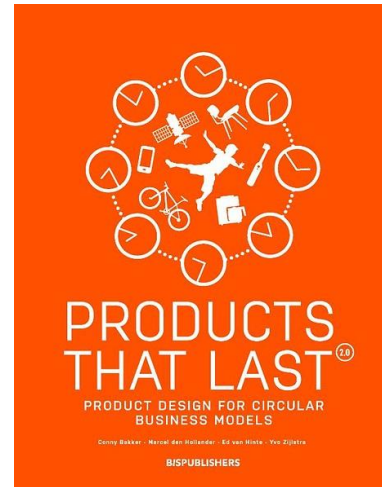
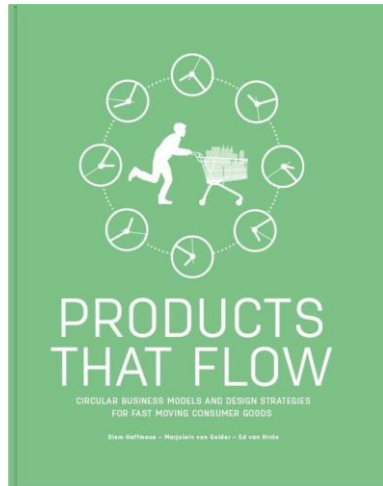
- **Materiaalniveau;** Hierbij gaat het om de keuze van een materiaal met de juiste eigenschappen en de laagste milieu-impact. Hierbij kan je denken aan het toepassen van gerecyclede materialen of biobased materialen. Bestaande materialen worden verder ontwikkeld en aangepast met het oog op gewenste eigenschappen. Standaardisatie en recyclebaarheid zijn hierbij eigenschappen die van belang zijn voor een circulair ontwerp, maar altijd in relatie tot het product en het systeem waarin het materiaal functioneert. Om te bepalen welk materiaal de laagste milieu-impact heeft kan een LCA (levenscyclusanalyse) worden toegepast.





## Levensduur

De levensduur van een product is van grote invloed op de materiaalkeuze. We kunnen hierbij onderscheid maken in verbruiksproducten (Products that Flow), die kort gebruikt worden, zoals voedsel, verpakkingen, disposables, etc. en gebruiksproducten (Products that Last) met een lange levensduur, zoals meubels, mobiele telefoons, transportmiddelen, machines en gebouwen. In veel gevallen is er een verschil tussen de technische en economische levensduur. De technische levensduur is de periode dat een product functioneert. Het is aan het einde van de technische levensduur versleten/vergaan of kapot. De economische levensduur is de maximale periode waarin een product of productiemiddel economisch verantwoord kan worden gebruikt. Deze economische levensduur eindigt op het moment dat de kosten welke nodig zijn om het productiemiddel draaiend te houden de ingecalculerde kosten overtreffen.



## LCA – Levenscyclusanalyse

Bij het maken van de juiste materiaalkeuze wil je de duurzaamheid kunnen inschatten of meten. Dat gebeurt vaak met een Levenscyclusanalyse (LCA). Hierbij wordt de milieubelasting bepaald van het product vanaf grondstofwinning, via productie en gebruik, tot aan de afvalfase. Er wordt dan gekeken naar energiegebruik, materiaalgebruik, afvalstromen en emissies naar het milieu. De milieubelasting wordt meestal uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-waarden, maar kan ook worden uitgedrukt in watergebruik, toxiciteit of andere Eco-indicatoren.

*TOOL: Een benadering van de milieu-impact volgens de LCA methode kan worden gemaakt met behulp van de rekentool die LBP|SIGHT heeft gemaakt voor CIRCO. Je kan deze invullen door per levensfase van het product een aantal basisgegevens in te vullen. Bij het berekenen van de milieu-impact kun je kiezen om te rekenen met alleen klimaatverandering, grondstofuitputting, humane toxiciteit of eco-toxiciteit.*

*Vraag naar de tool bij je CIRCO trainer.*

## 2. Overzicht materialen & sectoren

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van overkoepelende informatie over het gebruik van materialen in de vier sectoren: verpakkingen, consumentenproducten, maakindustrie en bouw. Dit betreft informatie over de meest gebruikte materialen en toepassingen, wet- en regelgeving en vrijwillige afspraken over producentenverantwoordelijkheid.

In het [Rijksbrede programma Nederland Circulair in 2050](#) schetst het kabinet hoe we onze economie kunnen ombuigen naar een duurzame, volledig circulaire economie in 2050. Het programma omschrijft wat nodig is om zuiniger en slimmer met grondstoffen, producten en diensten om te gaan.



In januari 2017 hebben 180 partijen in Den Haag het [Grondstoffenakkoord](#) ondertekend. Hierin staan afspraken om de Nederlandse economie te laten draaien op herbruikbare grondstoffen. Het akkoord is ondertekend door zowel partijen uit de overheid als het bedrijfsleven.

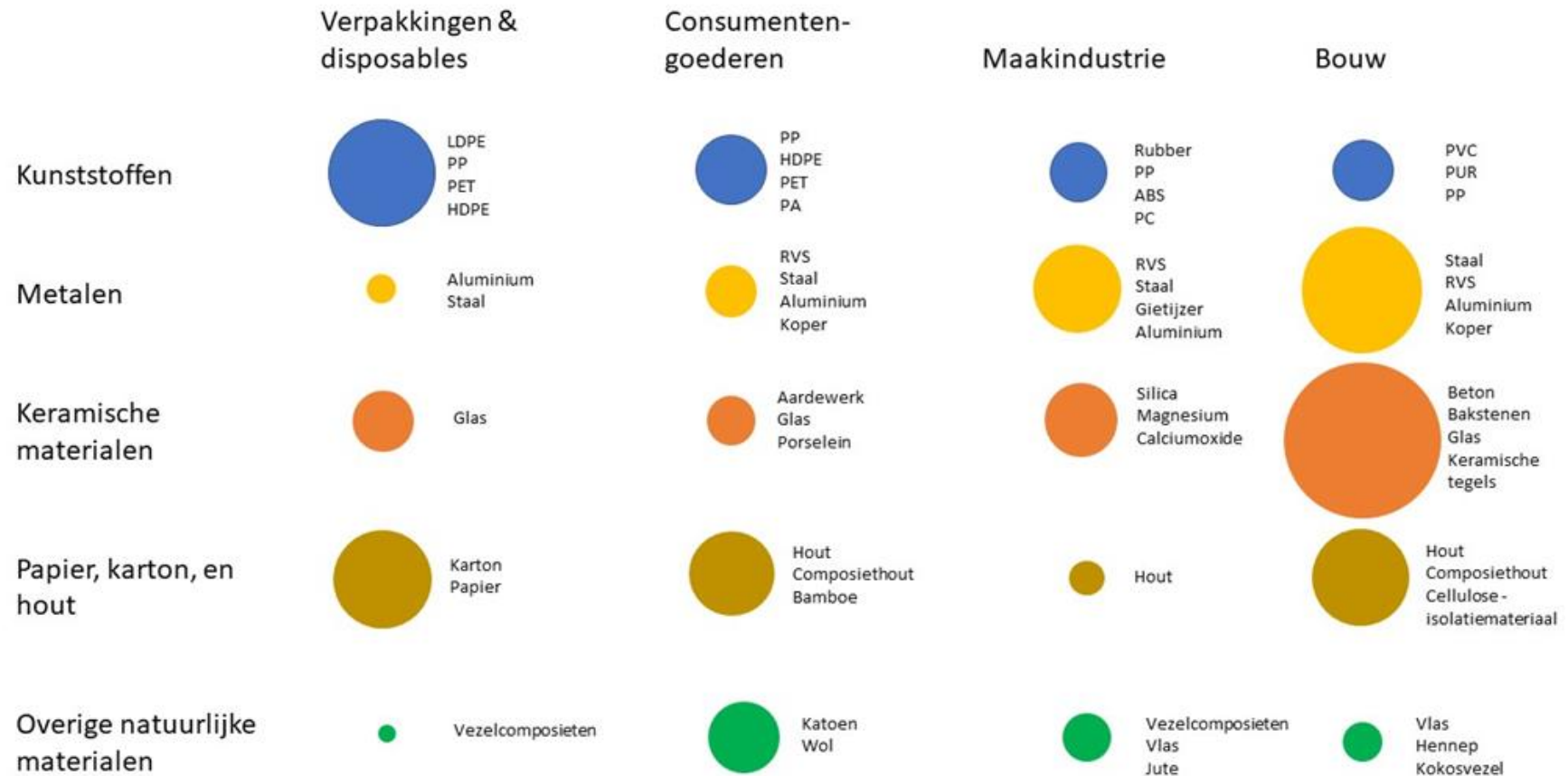
De Rijksoverheid heeft samen met de ondertekenaars van het Grondstoffenakkoord 5 transitieagenda's opgesteld. Hierbij is gekozen voor 5 sectoren en ketens die belangrijk zijn voor onze economie maar belastend zijn voor het milieu. In zo'n transitieagenda staat hoe de betreffende sector circulair kan worden in 2050 en welke acties daarvoor nodig zijn.

Er is een transitieagenda opgesteld voor de sectoren en ketens:

- [Biomassa en voedsel](#); Biomassa wordt gebruikt voor veevoer, chemie, transportbrandstoffen en energie. Met biomassa kunnen we veel sectoren groener maken en CO<sub>2</sub>-uitstoot verminderen.
- [Kunststoffen](#); Kunststof is overal. Het is nuttig, maar het tast het milieu en het klimaat aan. Van plastic soep, zwerfafval tot microplastics in water en voeding. Met het Plastic Pact gaan overheid, bedrijfsleven en milieuorganisaties de strijd aan tegen plastic afval.
- [Maakindustrie](#); De maakindustrie verwerkt materialen, zoals metalen, tot nieuwe producten. Deze processen zijn veelal schadelijk voor het milieu. Een circulair ontwerp voor hoogwaardig duurzaam hergebruik van materialen is geboden.
- [Bouw](#); De bouwsector neemt 50% van het grondstoffenverbruik in Nederland voor zijn rekening. Veel afval is sloopafval. Om onze leefomgeving duurzaam in te richten is een versnelling van innovaties (circulair en modulair bouwen) binnen de bouwsector nodig.
- [Consumptiegoederen](#); Consumptiegoederen zijn goederen in verpakkingen die wij allemaal gebruiken: van koffiebekers tot kleding en van frisdranken tot stofzuigers. Doel is om grondstoffen niet meer te verspillen maar te hergebruiken.

Binnen het CIRCO programma wordt aangesloten op de sectoren, zoals beschreven in de Transitieagenda's.

In de onderstaande figuur zie je een overzicht van de meest gebruikte materialen per sector.



## 2.1 Verpakkingen en disposables

De Nederlandse verpakkingsindustrie heeft een omzet van ongeveer 6,5 miljard euro (2018). Kunststof maakt ongeveer 43 procent (2,7 miljard euro) van die omzet uit, maar vertegenwoordigt slechts 18 procent van het gewicht. Het verlagen van het gewicht van verpakkingen is een trend in de industrie, omdat het veel voordelen biedt. Het scheelt in materiaalkosten, transport en het levert milieubesparingen op. Zo is bijvoorbeeld in de afgelopen tien jaar het gewicht van kunststof verpakkingen met bijna 30 procent verminderd.

De meest gebruikte materialen in de verpakkingsindustrie zijn:

- papier en karton (golfkarton dozen, vouwkarton, drankkartons, etc.)
- kunststoffen (flessen, trays, emmers, zakken, palletfolie, etc)
- hout (pallets en kratten)
- glas (flessen en potten)
- metalen (drankblikjes en conserven)

Voor verpakkingsmaterialen zijn er zowel Europese als nationale regels en afspraken. Zo zijn in de [richtlijn 94/62/EG \(en wijziging daarvan in Richtlijn \(EU\) 2018/852\)](#) de zogenaamde [essentiële eisen](#) voor het optimaliseren van de milieu impact van een verpakking vastgelegd. Deze beslaan de vervaardiging en samenstelling, het hergebruik en de terugwinning van verpakkingsmateriaal.

De Nederlandse wetgeving maakt onderscheid tussen huishoudelijk afval en bedrijfsafval. Bedrijven zijn zélf verantwoordelijk om de inzameling van hun afval te regelen. Voor huishoudelijk verpakkingsafval geldt [een uitgebreide producentenverantwoordelijkheid \(UPV\)](#). Dit houdt in dat de partij die verpakkingen op de markt brengt verantwoordelijk is voor het monitoren en beheren van het afval dat hierdoor ontstaat. In het [Besluit Beheer Verpakkingen](#) (2014) zijn er regels vastgesteld voor het beperken van de hoeveelheid afval en de inname en verwerking hiervan. Producenten en importeurs die meer dan 50.000 kg aan verpakkingen op de markt brengen betalen een afvalbeheersbijdrage aan het [Afvalfonds Verpakkingen](#). Hiermee wordt de inzameling en recycling van verpakkingsafval gefinancierd.

Materiaal	Resultaat 2017	Resultaat 2018	Doelstelling EU 2019	Doelstelling NL 2019
Glas	85%	86%	60%	90%
Papier en karton	87%	88%	60%	75%
Kunststof	51%	52%	22,5%	48%
Metaal	95%	95%	50%	85%
Hout	73%	77%	15%	37%
<b>Totaal recycling</b>	<b>78%</b>	<b>79%</b>	<b>55%</b>	<b>70%</b>

Resultaten Afvalfonds Verpakkingen 2018

### EU Single-Use Plastics Directive

Als onderdeel van de 'European strategy for plastics in a circular economy' (Plastic Strategy) heeft de Europese Commissie een richtlijn opgesteld om de hoeveelheid kunststofafval in oceanen en zeeën terug te dringen. De maatregelen in de zogenoemde SUP-richtlijn hebben betrekking op verloren vistuig en kunststof wegwerpplastics, waaronder ook verschillende verpakkingen. De richtlijn heeft betrekking op alle typen kunststof; er wordt geen onderscheid gemaakt tussen oil-based kunststoffen (zoals HDPE of PS) en biobased kunststoffen (zoals bio-PE of PLA).

Specifiek gaat het om de volgende single-use kunststof producten en verpakkingen:

- Drinkverpakkingen (inclusief doppen en deksels)
- Filters van sigaretten
- Wattenstaafjes
- Zakjes en wikkels



- Hygiëneproducten (vochtige doekjes en maandverband)
- Lichtgewicht draagtassen
- Bestek, borden, roerstaafjes en rietjes
- Bekers voor dranken
- Ballonnen en ballonnenstokjes
- Houders voor voedingsmiddelen

Wegwerpproducten waarvoor vooralsnog geen alternatief is, moeten in 2026 door de lidstaten meetbaar zijn verminderd. Ook moeten lidstaten het gebruik van producten voor meermalig gebruik, hergebruik en recycling aanmoedigen. De producten die onder deze regels vallen, zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor meer dan 70 procent van al het zwerfvuil in zeeën en oceanen.

## Herbruikbare verpakkingen

Eén van de potentiële oplossingen om verpakkingen duurzamer te maken, is hergebruik. Herbruikbare verpakkingen zijn kansrijk om de milieudruk van een verpakking terug te dringen. Op een aantal verpakkingstypes na staat hergebruik echter nog in de kinderschoenen. Om gezamenlijke uitdagingen en kansen van herbruikbare verpakkingen verder te onderzoeken, heeft het Kennisinstituut Duurzaam Verpakken (KIDV) de [Community of Practice Herbruikbare verpakkingen](#) opgericht. Ellen MacArthur Foundation heeft een publicatie gemaakt over [Reuse, rethinking packaging](#).

## Een circulaire materiaalkeuze maken

Verpakkingen hebben een korte levensduur en een relatief lage milieu-impact in vergelijking met de verpakte inhoud. Belangrijke duurzaamheidsafwegingen bij de materiaalkeuze zijn: Hoe kan er zo min mogelijk (nieuw) materiaal worden gebruikt per gebruikscyclus terwijl het product beschermt blijft? Kan er minder materiaal worden gebruikt zonder dat het risico op productverlies te groot wordt? Kan de verpakking worden hergebruikt of gerecycled zonder dat dit te veel extra materiaal kost.

## 2.2 Consumentengoederen

Onder consumentengoederen vallen onder meer meubels, huishoudelijke producten, speelgoed, auto's, textiel en consumentenelektronica.

### Consumentenelektronica

Voor het ontwerp van veel elektrische apparaten geldt in de EU de zogenaamde [Ecodesign Directive](#). Deze beslaat 40 productgroepen en is bedoeld om het energieverbruik en de milieu impact van deze apparaten al in de ontwerpfase te beperken.

De einde-levensfase van elektrische en elektronische apparatuur dient te voldoen aan de Europese WEEE-richtlijn. Ook voor deze productcategorie geldt een [UPV](#): producenten en importeurs moeten (individueel of collectief) zorg dragen voor inname, recycling en het milieuvriendelijk afdanken van elektronisch afval. Ook moeten zij zich registreren en jaarlijks rapporteren aan het Nationaal WEEE Register. Voor verschillende productcategorieën zijn er specifieke [producentencollectieven en collectieve inzamelsystemen](#).

### Mode, bedrijfskleding en huishoudelijk textiel

De omzet in het 'Mode' (Fashion) segment bedraagt in Nederland circa 5,2 miljard euro (2018). De textielketen is een mondiale en gefragmenteerde keten. Dit houdt in dat de afzonderlijke onderdelen van de productieketen uit veel verschillende aanbieders bestaan. Het grootste deel van de textielproductie vindt buiten Nederland plaats. De grootste katoenproducenten ter wereld zijn India, China, de Verenigde Staten, Brazilië, Pakistan en Oezbekistan. De petrochemische industrie produceert de synthetische vezels, met aardolie als primaire grondstof. Ook het proces om van vezels tot textielproducten te komen, concentreert zich in het buitenland: 70 % van het in Nederland verkochte textiel wordt geproduceerd in China, India, Bangladesh en Turkije (SER, 2016). In Nederland vindt alleen kleinschalige productie plaats. (Bron: CBS Statline).

Textiel kan uit hernieuwbare en niet-hernieuwbare grondstoffen worden gemaakt. De primaire grondstoffen van textiel zijn te verdelen in hernieuwbare vezels (zoals

katoen, wol en linnen), synthetische vezels (zoals polyester, nylon en elastaan) en synthetisch geproduceerde hernieuwbare vezels (viscose). Een vezel is hernieuwbaar als de voorraad binnen een afzienbare periode kan worden hersteld, zoals bijvoorbeeld bij katoen door opnieuw aanplanten. Veel textielproducten bestaan overigens uit een mengsel van verschillende soorten.

Gebruikt textiel kan op twee manieren een nieuw leven krijgen. Ongeveer de helft van het ingezamelde textielafval is herbruikbaar als hetzelfde product (producthergebruik). Veel daarvan exporteren sorteerbedrijven naar het buitenland. Daarnaast verkopen kringloopwinkels en mensen onderling (bijvoorbeeld Marktplaats) herdraagbaar textiel. Textiel dat hier niet geschikt voor is, kan geschikt zijn voor materiaalhergebruik: het product wordt ontmanteld, maar de textielvezels worden opnieuw gebruikt.

Er zijn verschillende initiatieven om de modesector duurzamer en circulair te maken:

- Ellen MacArthur Foundation, [Make fashion circular](#)
- Fashion for Good, [Laudes Foundation](#)
- Dutch Circular Textile Valley (DCTV) is gericht op het versnellen van de Nederlandse circulaire textiel- en modemarkt.

## Meubels en interieurproducten

De interieurbouw en meubelindustrie bestaat uit een grote variëteit aan bedrijven: interieurbouwers, woonmeubelfabrikanten en toeleveranciers van halffabricaten voor de bouwsector. Voor meubel en interieurproducten is er nog geen UPV regeling (uitgebreide producenten-verantwoordelijkheid). De verwachting is echter dat dit komende jaren ingevoerd gaat worden, bijvoorbeeld voor matrassen, tapijten, etc.

## Recreatie, festivals en evenementen

De recreatiesector bestaat uit een combinatie van gebruiksproducten (podiums, vakantiehuisjes, etc.) en verbruiksproducten (catering, voedsel, sanitair). Aangezien het hier vaak een afgesloten locatie betreft leent deze sector zich goed voor circulaire concepten.

## Een circulaire materiaalkeuze maken

Consumentengoederen omvatten een grote verscheidenheid aan producten. Duurzaamheidsoverwegingen in de materiaalkeuze in deze sector zijn primair een afweging tussen de levensduur van het product en de milieu-impact in de productie. Hierbij geldt dat materialen die makkelijk kunnen worden teruggewonnen of die hernieuwbaar zijn, meestal een lagere milieu-impact hebben. Bij producten met een lange levensduur moet ook bekeken worden welke extra invloeden het onderhoud van het materiaal met zich meebrengt en of dit opweegt tegen de milieuwinst die in productie van het materiaal of in recycling kan worden behaald.

## 2.3 Maakindustrie

De maakindustrie is dat deel van de industrie dat materialen tot nieuwe producten verwerkt. Tot de maakindustrie behoren onder meer de sectoren machinebouw, metaalproducten, automotive, elektronica, medische apparatuur, lucht- en ruimtevaart, energie, etc.

[Topsector High Tech Systemen en Materialen](#) (HTSM) verenigt de industrie, de academische wereld en de overheid in het toepassen van belangrijke technologieën voor grote maatschappelijke uitdagingen. De belangrijkste uitdagingen voor deze sector zijn:

### Kritieke materialen

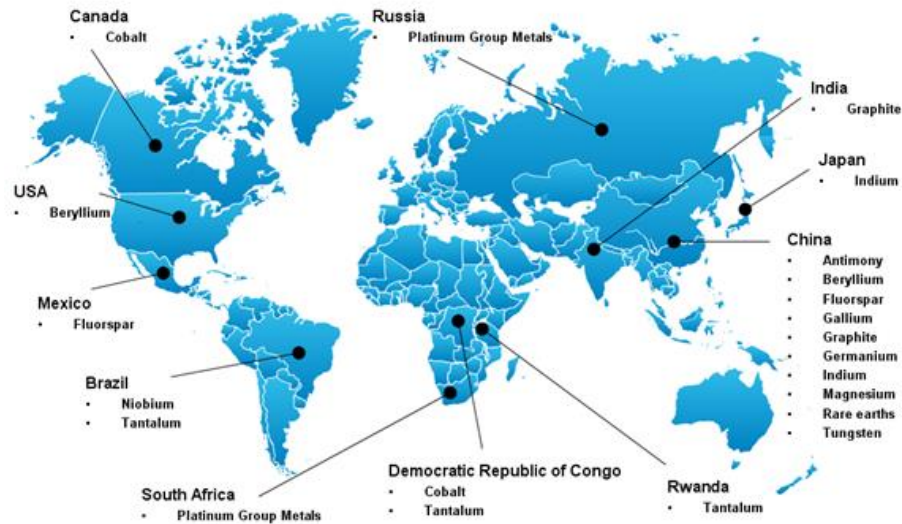
De EU heeft een analyse gedaan van de voor 'kritieke' materialen. De mate waarin materialen kritiek zijn voor de EU is bepaald aan de hand van twee criteria:

- De mate waarin leveringsrisico's kunnen worden verwacht
- De mate waarin het materiaal belangrijk is voor de Europese economie

Het resultaat is een overzicht van 14 materialen die zowel economisch belangrijk zijn als een risico vormen voor de voorzieningszekerheid.

TIP: Gebruik je kritieke grondstoffen in uw product? Met de [grondstoffenscanner](#) krijgt u van uw product een overzicht van de meest kritieke grondstoffen. De scanner geeft u in dat geval handelingsperspectieven om de risico's te verkleinen.

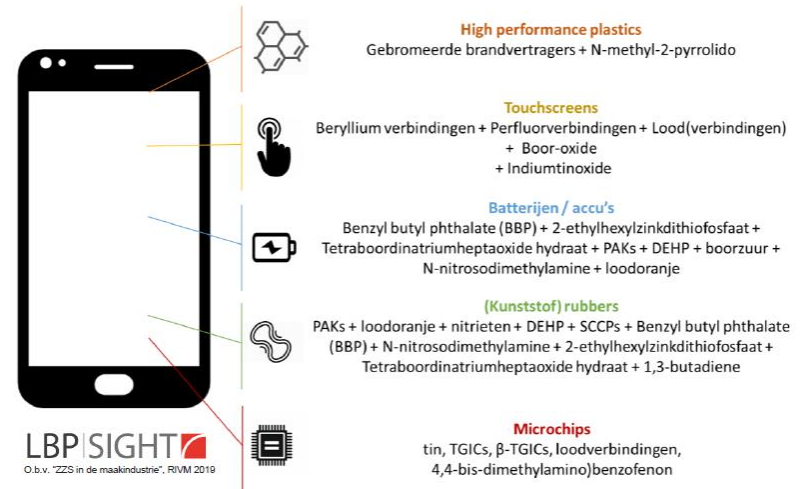
## Production concentration of critical raw mineral materials



### Zeer zorgwekkende stoffen

Zeer zorgwekkende stoffen zijn stoffen die in de Europese Unie streng gecontroleerd worden, of gaan worden. Het zijn stoffen die gevaarlijk zijn voor mens en milieu omdat ze bijvoorbeeld kankerwekkend zijn, de voortplanting belemmeren of zich in de voedselketen ophopen. De stoffen zitten vaak in allerlei producten verwerkt, zo kom je ze tegen in chemische producten zoals verven, coatings, maar ook producten waar kunststof of metaallegeringen in verwerkt zitten.

Meer informatie vind je op de site voor consumenten: <https://waarzitwatin.nl/> en (voor professionals) op de site van het [RIVM](https://www.rivm.nl/).



### End-of-life

De maakindustrie levert veel rechtstreeks aan andere bedrijven (BtoB), waardoor hier vaak goede afspraken gemaakt kunnen worden over onderhoud, reparatie, upgraden en terugname. Er zijn daarnaast verschillende [UPV systemen](#) (Uitgebreide Producenten Verantwoordelijkheid):

- Autowrakken en banden
- Batterijen en accu's
- Elektrische en elektronische apparatuur

### Een circulaire materiaalkeuze maken

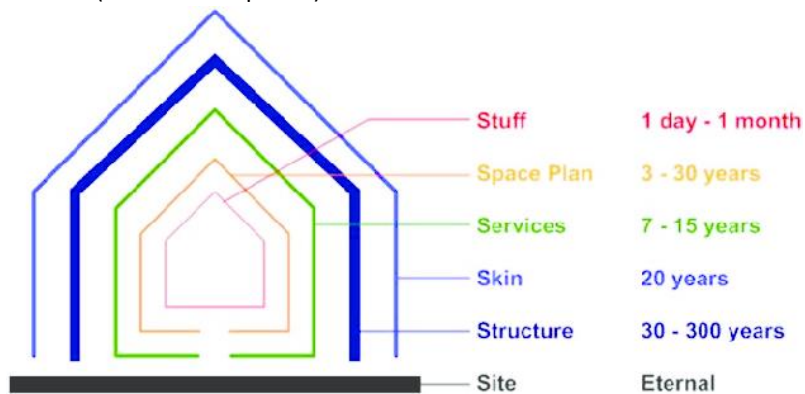
In de maakindustrie worden veel verschillende producten gemaakt waarbij de materiaalkeuze grotendeels al is bepaald door de functies die het product moet verrichten. Afwegingen op het gebied van duurzaamheid zullen hoofdzakelijk gaan over de milieu-impact in productie, en hoeveel materiaal er moet worden toegepast om het product of onderdeel de gewenste mechanische eigenschappen te geven. Voor alle vervoersmiddelen en producten die veel getransporteerd worden is het gewicht nog een aandachtspunt omdat dit impact in het gebruik bepaald.

## 2.4 Bouw

De bouw- en infrasector staat voor een enorme transitie. Om klimaatverandering en verdere belasting van de aarde tegen te gaan, moeten we op een geheel andere manier gaan werken. Dit betekent dat we onze gebouwen en infrastructuur zo gaan ontwikkelen dat straks alle materialen en grondstoffen herbruikbaar zijn en we geen fossiele energiebronnen meer gebruiken. De Nederlandse bouwsector gebruikt circa 80 miljard kilo aan materialen, meer dan iedere andere industrie. De sector is ook verantwoordelijk voor de grootste afvalstroom: 24% van het totale volume.

Door binnen gebouwen onderscheid te maken in levensduur – zoals Stewart Brand doet in zijn 6-S methode uit 1994 – kunnen we natuurlijke materialen laten cascaderen en technische materialen waardevol houden. Brand onderscheidt de volgende schillen:

1. Site (locatie, grond)
2. Structure (constructie)
3. Skin (de huid; gevel, dak en vloer begane grond)
4. Services (installaties)
5. Space Plan (scheiding van ruimten binnen het gebouw)
6. Stuff (meubels en spullen)



Stewart Brand: 6-S methode

Voor de bouwsector zijn vooral onderdeel 2 tot en met 5; de constructie, de huid, de installaties en de indeling binnen het gebouw van belang omdat grond, meubels en spullen geen vastgoed zijn en daarom weer aan andere regels voldoen.

Om de duurzaamheidsprestatie van een gebouw te bepalen is er de [BREEAM](#) methode.

Zowel wet- en regelgeving als de meetbaarheid en monitoring van circulaire oplossingen in de bouw zijn nog volop in ontwikkeling. Voor materialen die kunnen worden hergebruikt of gerecycled geldt in Nederland een stortverbod. Ook bouwafval dient daarom zo veel mogelijk opnieuw te worden toegepast. Enkel wanneer dit echt niet mogelijk blijkt, bijvoorbeeld bij vervuild puin, kan er (tegen ontheffing) gestort worden.

Op Europees niveau ligt in de [Waste Framework Directive](#) besloten dat 70% (gewichtsperscentage) van al het bouw en sloopafval hergebruikt of gerecycled dient te worden. Hiernaast is er de niet-bindende richtlijn [Construction and Demolition Waste Protocol](#) voor het verwerken van deze afvalstroom.

[Madaster](#) is een online bibliotheek van materialen in de gebouwde omgeving. Het zorgt ervoor dat het materiaal gekoppeld is aan de locatie en legt dit vast in een materialenpaspoort. Dit maakt inzichtelijk welke materialen in een gebouw zijn gebruikt en in welke hoeveelheden.

### Een circulaire materiaalkeuze maken

Gebouwen en bouwelementen hebben doorgaans een lange levensduur. Materialen moeten veilig gebruik over een lange levensduur garanderen maar hebben een hoge productie-impact. Qua duurzaamheid moet er bij de materiaalkeuze een afweging worden gemaakt tussen milieubelasting bij de productie van de materialen en bouwelementen, de verwachte levensduur, en de herbruikbaarheid aan het einde van het gebruik.

## 3. Kunststoffen

### 3.1 Productie: milieu-impact

Door hun relatief lage kostprijs en gunstige combinatie van materiaaleigenschappen zijn kunststoffen geschikt voor een groot aantal uiteenlopende toepassingen. Zo kennen ze een hoge sterkte-tot-gewicht verhouding, waardoor er ten opzichte van alternatieven op materiaal en energie kan worden bespaard. Ook hebben kunststoffen een hoge vervormbaarheid, corrosiebestendigheid en goede thermische en elektrische isolatie eigenschappen. Hiernaast zijn de chemische bestendigheid en barrière-eigenschappen van de meeste kunststoffen toereikend voor gebruik in bijvoorbeeld voedsel of cosmeticaverpakkingen. De verscheidenheid aan beschikbare kleuren en bewerkingsprocessen (zoals spuitgieten of thermovormen) geeft productontwerpers veel flexibiliteit wat betreft vormvrijheid en afwerking.

#### Productieproces(sen)

De meeste kunststoffen worden vervaardigd uit fossiele grondstoffen, met uitzondering van bioplastics, deze worden gemaakt van hernieuwbare, plantaardige materialen. In een olieraffinaderij wordt ruwe aardolie gescheiden in verschillende fracties die bestaan uit koolwaterstofketens. Uit de fractie die geschikt is voor het maken van kunststoffen worden door middel van polymerisatie (o.a. PP, PE en PVC) of polycondensatie (o.a. polyester) ketens van monomeren (polymeren) gevormd. Kunststoffen zijn onder te verdelen in twee hoofdgroepen: thermoplasten (opnieuw vervormbaar bij verhitting) en thermoharders (vormvast na hun eerste verwerking).

#### Zeer Zorgwekkende Stoffen

Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) zijn stoffen die schadelijk zijn voor de gezondheid of het milieu en waar dus streng op moet worden gecontroleerd. Voor kunststoffen gaat dit vooral om additieven (zoals weekmakers of brandvertragers) die aan het materiaal zijn toegevoegd om bepaalde eigenschappen te verkrijgen. Naast milieu en gezondheidsschade kunnen sommige additieven het recyclingproces bemoeilijken. Bepaalde stoffen die inmiddels niet meer toegepast mogen worden kunnen echter

nog wel aangetroffen worden in gerecycled materiaal uit oudere producten. Dit zijn zogenaamde legacy additives. Een andere, groeiende zorg zijn micro- en nanoplastics. Dit zijn kleine kunststofdeeltjes die ontstaan wanneer plastic afval langzaam degradeert in de natuur. Uit onderzoek blijkt dat deze deeltjes zich ophopen in voedselketens en alomtegenwoordig zijn. Over de exacte gezondheidseffecten is nog maar weinig bekend.

#### Bioplastics

Bij bioplastics kan onderscheid worden gemaakt tussen biobased en biologisch afbreekbare kunststoffen. Biobased betekent dat het materiaal wordt gesynthetiseerd uit hernieuwbare grondstoffen. Biologisch afbreekbaar betekent dat het door micro-organismen kan worden afgebroken tot biomassa, water, en natuurlijke gassen. De mate en snelheid waarin zij afbreken in de natuur verschilt per materiaal en is afhankelijk van de omstandigheden. Bijvoorbeeld van de aanwezigheid van zuurstof en water, en de temperatuur. Zo zijn er materialen die alleen goed afbreken in een industrieel composteerproces, terwijl anderen 'home-compostable' zijn.

Doordat biobased kunststoffen van hernieuwbare grondstoffen worden gemaakt, passen ze in een circulaire economie. De productie van de grondstoffen [kan ook milieuvriendelijker zijn](#) dan de productie uit fossiele bron, mits de gewassen op verantwoorde manier verbouwd worden.

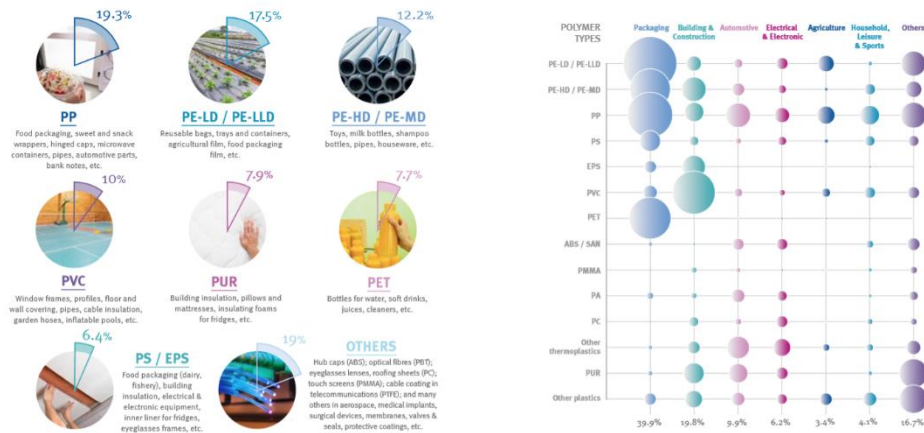
#### Extra bronnen:

- Science Advances, [Production, use and fate of all plastics ever made \(2020\)](#)
- Science Direct, [An overview of chemical additives present in plastics: migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling \(2017\)](#).
- HvA, [Ontwerpen met biobased plastics \(2015\)](#).

## 3.2 Gebruik: toepassingen

In onderstaande figuur van Plastics Europe is te zien wat de meest gebruikte soorten kunststof en hun typische toepassingen zijn (links) en hoe het gebruik van kunststoffen is verdeeld over verschillende industrieën (rechts).

**Demand distribution by resin types/ Demand by segments and polymer types, 51,2 Mt total (2018):**



Bron: [Plastics Europe](#) (data voor EU28+ NO/CH)

### Kunststoffen in Verpakkingen

Verpakkingen zijn in de EU goed voor meer dan 20 miljoen ton kunststoffen per jaar (ongeveer 40% van het totale kunststoffenverbruik). De meest gebruikte materialen zijn PP, HDPE, LDPE en PET.

### Duurzaamheidsafwegingen

Voor verpakkingen kent het gebruik van kunststof veel voordelen: een product wordt door de goede barrières eigenschappen beschermd tegen invloeden van buitenaf.

CIRCO Materialenmodule, versie 1.0 (maart 2020)

Hierdoor blijft voedsel bijvoorbeeld langer bewaard en wordt er minder verspild. Hierdoor kan kunststof de milieu impact van de product-verpakkingcombinatie als geheel verlagen. Kunststof verpakkingen die echter niet op een verantwoorde manier worden ingezameld en verwerkt komen erg eenvoudig in de natuur terecht, waar zij zeer langzaam afbreken en schadelijk zijn voor mens en milieu.

### Kunststoffen in Consumentengoederen

Door de lage prijs en grote vormvrijheid zijn kunststoffen alomtegenwoordig in gebruiksproducten. Elektronische en elektrische apparaten zijn bijvoorbeeld al goed voor meer dan 6% van al het kunststofgebruik in Europa. 65% van het textiel gebruikt voor kleding zijn kunststoffen, voornamelijk polyester (PET) en nylon (PA).

Kunststoffen worden veel gebruikt in behuizingen, bijvoorbeeld van elektronische apparaten. Deze behuizingen hebben relatief weinig waarde ten opzichte van de metalen in deze producten. Ook zitten er in deze kunststoffen vaak additieven zoals brandvertragers en kleurstoffen (ook speelgoed en meubels bevatten sommige van deze stoffen). Hierdoor zijn de kunststoffen uit deze producten vaak lastig te recyclen. Wel zijn dikwandige behuizingen een goede toepassing om recycleert in te passen.

Een specifiek nadeel van kunststof vezels in kleding en textiel is dat ze [microvezels](#) loslaten tijdens het wassen die daardoor in het afvalwater terecht komen.

### Kunststoffen in de Maakindustrie

In de maakindustrie worden vooral technische kunststoffen, met onderscheidende (mechanische) eigenschappen gebruikt, zoals PC, PA, PEEL, en POM. Ook worden gevulde kunststoffen gebruikt. Door glas en vezels door een materiaal als polycarbonaat (PC) heen te mengen kunnen specifieke eigenschappen worden versterkt, zoals de stijfheid, treksterkte of slagvastheid.

Technische kunststoffen beschikken over speciale eigenschappen waardoor ze metalen en keramische materialen kunnen vervangen in bepaalde toepassingen.

Kunststoffen zijn lichter dan deze materialen en hebben over het algemeen een lagere milieu-impact tijdens de productie. Omdat dit speciale kunststoffen zijn die in kleine volumes voorkomen worden ze over het algemeen niet gerecycled. In de auto-industrie worden kunststoffen zoals PP gebruikt in het interieur en de bumper, maar om de auto's lichter te maken worden ook steeds vaker panelen die traditioneel van staal waren van kunststof gemaakt. Dit levert veel milieuvordelen op tijdens het gebruik.

## Kunststoffen in de Bouw

De Europese bouwsector gebruikt bijna 10 miljoen ton kunststoffen per jaar. Dat is ongeveer 20% van het totale kunststoffenverbruik). Het belangrijkste materiaal is PVC: twee derde van al het PVC in de EU wordt gebruikt in bouwtoepassingen zoals buizen, kabels, fittings, profielen en kozijnen. Hiernaast wordt er in de bouw HDPE, EPS en PUR (isolatiemateriaal) gebruikt.

Door de lange levensduur en lage onderhoudsbehoefte hoeven kunststof bouwelementen potentieel minder vaak te worden vervangen dan alternatieven. PVC heeft bijvoorbeeld uitstekende mechanische eigenschappen en is weer- en corrosiebestendig. Er is echter veel onderzoek gedaan naar de milieu effecten die optreden tijdens de productie, het gebruik en het afdanken van PVC. Zo kunnen bepaalde additieven (bijv. weekmakers of stabilisatoren) gezondheidsschade veroorzaken in de gebruiksfase. Hiernaast kunnen er in de levenscyclus van PVC (bijv. bij verbranding) dioxines vrijkomen die o.a. de hormoonhuishouding van organismen kunnen verstoren.

### Extra Bronnen:

- [Plastics, the facts, 2019](#), An analysis of European plastics production, demand and waste data, PlasticsEurope (2020).
- [Environmental Impacts of Polyvinyl Chloride \(PVC\) Building Materials](#) (2002)
- [Life Cycle Assessment of Recycling PVC Window Frames](#) (2012)

## 3.3 End-of-Life

Kunststof producten die aan het einde van een gebruikscyclus worden ingezameld en niet meer (kunnen) worden hergebruikt (post consumer waste) worden gerecycled of verbrand voor energierecuperatie. Kunststof productieafval (post industrial waste) kan in veel gevallen weer (direct) in het productieproces worden geïntroduceerd. De recyclingprocessen voor kunststoffen zijn onder te verdelen in [mechanische en chemische recycling](#).

### Mechanische recycling

Thermoplasten kunnen mechanisch worden gerecycled. Hierbij wordt een gemengde kunststof afvalstroom geshredderd en daarna gezuiverd van eventuele vervuilingen (zoals metalen). Vervolgens worden verschillende typen kunststof gesorteerd door middel van drijf/ zink-methodes of infraroodtechnieken. Hierna wordt het teruggewonnen materiaal eventueel vermengd met andere polymeren of additieven om bepaalde materiaaleigenschappen te bereiken (compounding) en geëxtrudeerd tot pellets. Van deze pellets worden weer nieuwe kunststof producten gemaakt.

### Chemische recycling

Sommige polymeren kunnen door een chemisch proces weer worden omgezet in monomeren, waar vervolgens weer nieuwe polymeren van kunnen worden gevormd. Deze zijn qua eigenschappen niet te onderscheiden van 'virgin' plastics uit fossiele grondstoffen. In veel gevallen is chemisch recyclen duurder en energie intensiever dan mechanisch recyclen en mede daardoor (nog) niet financieel haalbaar.

### Verpakkingen

De inzameling en recycling van kunststof verpakkingen verschilt per gemeente. In veel gevallen is er sprake van bronnscheiding: huishoudens scheiden PMD afval (plastic, metaal en drankkartons) thuis. Op andere plekken vindt er nascheiding uit het restafval plaats. In Nederland wordt ongeveer 50% van alle kunststof verpakkingen gerecycled. De belangrijkste knelpunten die de toepassing van kunststof recycelaat uit verpakkingsafval beperken zijn de (wisselende) kwaliteit en

leveringszekerheid, het geringe prijsvoordeel ten opzichte van ‘virgin’ materiaal en de strenge regels omtrent voedselveiligheid. Een groot deel van alle kunststof verpakkingen is namelijk bestemd voor het verpakken van voedsel.

*Extra bronnen:*

- [Verpakkingen in de circulaire economie 2018](#), Nedvang (2019)
- [Samenstelling ingezameld kunststof/PMD verpakkingen– het effect van inzamelsystemen](#)

## Consumentengoederen/ maakindustrie

Gebruiksproducten die kunststof onderdelen bevatten worden ingeleverd bij de milieustraat, afgedankt als grofvuil of komen in het restafval terecht. Sommige sectoren kennen inzamelingssystemen, zoals Wecycle (voor elektronische en elektrische producten en lampen).

Een belangrijke barrière voor plastics recycling is dat er van de typen kunststoffen die in gebruiksproducten en in de maakindustrie (engineering plastics) worden gebruikt onvoldoende volume wordt ingezameld om recycling praktisch of financieel haalbaar te maken. Veelvoorkomende Additieven en fillers (zoals talk of glasvezels) bemoeilijken het sorteerproces. Ook zijn gerecyclede kunststof grades vrijwel niet gestandaardiseerd waardoor materiaaleigenschappen inconsistent kunnen zijn. Hierdoor kan het recycleat ongeschikt zijn voor doeleinden waarvoor bijvoorbeeld een hoge mate van precisie vereist is. Ook zijn er limieten aan het kwaliteitsniveau (qua kleur, geur en afwerking) dat bereikt kan worden met recycleat.

Kunststoffen uit textiel zijn lastig te sorteren omdat het ingezamelde afval uit een enorme veelheid aan verschillende blends bestaat. Textiel wordt hierdoor vaak gedowncycled in een laagwaardige toepassing.

*Extra bronnen:*

- [Ontwerpen met kunststof recycleat – Guidelines](#), Partners for Innovation (2015).

## Bouw

Kunststof bouwafval in de EU28 + NO/CH bestaat voornamelijk uit PVC (51,7%), PE-HD (12,8%) en EPS (8%). Van het ingezamelde PVC bouwafval werd in 2018 309 kt (mechanisch) gerecycled, 373 kt verbrand voor energierugwinning en 228 kt gestort. Voor het inzamelen en recyclen van kunststof buizen, leidingen en dakgoten (PVC, PP en PE) bestaat er in Nederland het [BIS \(Buizen Inzamel Systeem\)](#). Deze worden gerecycled en voor een groot deel gebruikt in nieuwe buizen. Ongeveer 75% van alle kunststof kozijnen wordt verwerkt via het [VKG-recyclesysteem](#). Oude kozijnen kunnen kosteloos worden achtergelaten bij een producent of inzamelpunt en worden opgewerkt tot o.a. nieuwe kozijnen.

Hoewel PVC recycling sinds het begin van deze eeuw een aanzienlijke ontwikkeling heeft doorgemaakt, zijn er beperkende factoren. Zo is de lange levensduur van kunststof toepassingen in de bouw bepalend voor de hoeveelheid afval die beschikbaar komt voor recycling of hergebruik. Flexibele toepassingen, zoals PVC vloeren, bestaan vaak uit samengestelde materialen die zich lastig laten scheiden voor recycling. Daarnaast beïnvloedden legacy additives die in het verleden aan PVC werden toegevoegd de kwaliteit en bruikbaarheid van het gerecyclede materiaal.

### Bioplastics

Biologisch afbreekbare kunststoffen kunnen in sommige gevallen voordelen bieden in de afvalfase. Ze kunnen worden gecomposteerd, mits ze in de juiste biologische afvalstroom terecht komen. Wanneer ze in de gewone kunststofstroom terecht komen kunnen ze de recycling verstoren, dus gebruik alleen biologisch afbreekbare materialen als dit ook een functioneel voordeel oplevert.

Ook bestaan er ‘drop-in bioplastics’. Dit zijn bijvoorbeeld bio-PET en bio-PE die gesynthetiseerd zijn uit een hernieuwbare bron maar chemisch identiek zijn aan PET en PE uit fossiele bron. Zij kunnen dus ook in de reguliere kunststofrecycling gerecycled worden.



## 4. Metalen

### 4.1 Productie: milieu-impact

De belangrijkste onderscheidende eigenschappen van metalen zijn hun taatheid in combinatie met hoe goed ze te vormen zijn in productieprocessen, het hoge smeltpunt, de goede geleiding van temperatuur en elektriciteit, en het glimmende uiterlijk. Ze worden daarom gebruikt voor een grote variatie aan toepassingen. Bijvoorbeeld toepassingen waarbij de sterkte van belang is, zoals constructieonderdelen. In elektronica worden bepaalde metalen gebruikt vanwege hun geleidende eigenschappen, en in verschillende consumentenproducten en bouwonderdelen worden ze toegepast vanwege hun uiterlijk. Metalen worden in vele verschillende legeringen toegepast. Groepen legeringen worden in dit hoofdstuk onder hun algemene noemer behandeld, bijvoorbeeld aluminium, roestvast staal (RVS), en staal omdat er zoveel verschillende variaties zijn dat ze niet afzonderlijk behandeld kunnen worden.

#### Productieprocessen

Metalen worden gewonnen uit ertsen waaruit het metaal moet worden onttrokken. Het delven van de ertsen gaat gepaard met veel lokale milieuschade. Bij de mijnen wordt naast de waardevolle ertsen veel waardeloos restmateriaal opgegraven en lokaal gedumpt. Uit dit restmateriaal lekken zuren en andere giftige stoffen naar de omgeving.

Metalen worden uit ertsen onttrokken in metallurgische processen. Er zijn verschillende metallurgische processen voor verschillende metalen. Meestal zijn dit een combinatie van óf pyrolyse óf hydrolyse met een elektrolyse proces. Bij pyrolyse wordt erts gesmolten op hoge temperaturen, hierbij worden op grote schaal fossiele grondstoffen verbruikt en broeikasgassen uitgestoten. Zo is Tata Steel in IJmuiden goed voor ongeveer 7% van alle CO<sub>2</sub> uitstoot in Nederland. Pyrolyse is de gebruikelijke methode voor de productie van bijvoorbeeld ijzer, staal, koper, en lood.

Bij hydrolyse worden de metalen uit de ertsen opgelost door middel van zeer sterke basische of zure chemicaliën. De oplossingen worden weer verder behandeld in een reeks van chemische processen zoals precipitatie, adsorptie, en elektrolyse. Aluminium wordt bijvoorbeeld door middel van hydrolyse en elektrolyse uit bauxiet gewonnen. Dit proces is hoogst energie-intensief.

Bij hydrometallurgische processen komen veel giftige bij- en restproducten vrij. Bij pyrometallurgische processen wordt daarentegen weer veel fijnstof en zware metalen uitgestoten. De milieu-impact van het elektrolyse proces is afhankelijk van de manier waarop de elektrische energie wordt gewonnen. Bij het gebruik van gerecycled metaal kunnen deze stappen worden overgeslagen of worden vervangen door een veel efficiënter zuiveringsproces van het gebruikte metaal uit een afvalfractie.

Voor de verwerking van de metaal(legeringen) naar producten worden naast smeltprocessen zoals gieten en sinteren, mechanische productieprocessen zoals walsen, buigen, stansen, en frezen gebruikt. Vanwege de hoge smeltemperaturen en sterkte en stijfheid van metalen zijn deze productieprocessen veel energie intensiever dan de verwerking van bijvoorbeeld kunststoffen.

#### Zeer zorgwekkende stoffen

Tijdens de hele reis van erts naar product of onderdeel, is er een aannemelijke kans dat er zeer zorgwekkende stoffen (ZZS) in het productieproces betrokken zijn of vrijkomen. Afhankelijk van de energieopwekking en het metaal kunnen meerdere ZZS in de lucht vrijkomen. Bij hydrometallurgische processen zijn de gebruikte middelen zelf soms ZZS. Bij oppervlaktebehandelingen, kleuring, lassen, en solderen, zijn de gebruikte metalen, pigmenten, oplosmiddelen en andere chemische hulpstoffen mogelijke ZZS.

Het RIVM heeft een [zoeksysteem](#) waarin per sector en industrie gezocht kan worden naar de mogelijke gebruikte of vrijkomende ZZS. In dit zoeksysteem heeft de metaalproductenindustrie zijn eigen categorie.

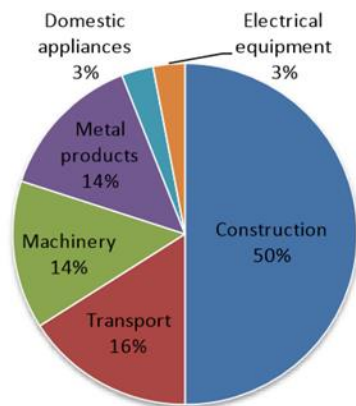
## 4.2 Gebruik: toepassingen

### Metalen in Verpakkingen

Metalen verpakkingen zijn voornamelijk blikjes. Deze zijn van 'blik', een staallegering met een coating van tin en een dunne laag kunststof. In mindere mate zijn blikjes van aluminium met een kunststof coating aanwezig. Opgedampt aluminium kan worden gebruikt om de afsluitende eigenschappen te gebruiken in andere verpakkingen en materiaal te besparen. Deze hoeveelheid aluminium kan echter niet worden teruggewonnen en verstoort kunststofrecycling processen. Van staal worden ook spuitbussen, conservenblikken, en verblikken gemaakt. Aluminium wordt o.a. gebruikt voor schaaltes, doppen van glazen flessen, tubes, en folies.

### Duurzaamheidsoverwegingen

Voordelen van metalen verpakkingen zijn dat ze het product goed beschermen zodat dit lang bewaard kan worden: het is sterk en lucht-, vocht-, en lichtdicht. Zowel stalen als aluminium verpakkingen zijn goed recyclebaar, voor meer zie: *End of Life*. Nadelen van metalen verpakkingen ten opzichte van bijvoorbeeld papier en karton of kunststoffen komen voort uit de energie intensieve en verontreinigende productieprocessen.



Figuur 1: staal gebruik per sector

### Metalen in de Bouw & Maakindustrie

Ongeveer de helft van al het staal ter wereld wordt gebruikt in de bouw, het is ook het meest gebruikte metaal in de bouw. Voornamelijk voor de constructie van het frame van de gebouwen, maar bijvoorbeeld ook voor ventilatiebuizen en daken. Roestvast staal wordt in veel kleinere mate gebruikt voor toepassingen waar sterkte en corrosiebestendigheid van belang zijn. Aluminium wordt niet toegepast in elementen waar gewicht en bestendigheid minder van belang zijn en uiterlijk een grotere rol speelt, bijvoorbeeld bij kozijnen en façades.

Staal is door zijn sterkte en vormbaarheid het meest gebruikte materiaal in de auto-industrie en de machinebouw. RVS wordt in de maakindustrie bijvoorbeeld toegepast in machines in de voedselverwerkende industrie en om schepen mee te bouwen. Aluminium wordt vanwege zijn lage soortelijk gewicht toegepast in de luchtvaart en voor steeds meer auto onderdelen.

### Duurzaamheidsoverwegingen

Om de metalen in deze sectoren te vergelijken qua duurzaamheid moet een afweging worden gemaakt tussen verschillende aspecten. Als het gaat om producten die moeten bewegen speelt dichtheid een belangrijke rol en is de keuze voor aluminium voor de hand liggend. Maar zijn sterkte en stijfheid tegelijk ook van belang, dan kan je misschien beter staal gebruiken omdat er veel meer aluminium nodig is om hetzelfde resultaat te bereiken.

De hoeveel gerecycleerd metaal die kan worden toegevoegd bij de productie van een onderdeel is bij stalen producten meestal hoger dan bij aluminium. Ook de vereiste levensduur van de toepassing is van belang. RVS heeft een veel hogere productie-impact dan koolstofstaal, maar kan afhankelijk van de situatie veel langer meegaan. Om een eerlijke vergelijking te maken is een levenscyclusanalyse (LCA) nodig. Een benadering hiervan kan worden gemaakt met behulp van de rekentool die LBP|SIGHT heeft gemaakt voor CIRCO.

## Metalen in Consumentengoederen

Metalen in elektronische apparaten worden gekozen op basis van een afweging tussen kosten en functionaliteit (eigenschappen zoals geleiding en magnetisme). Hierdoor wordt voor veel toepassingen koper gebruikt en mindere mate tin, zilver, goud, en palladium. Nog zeldzamere metalen worden in zeer kleine hoeveelheden gebruikt in de complexe elektronica. Sommigen hiervan zijn conflictmineralen, die onder dubieuze omstandigheden worden gedolven, of kritieke materialen, die erg zeldzaam zijn en waarvan toekomstige beschikbaarheid onzeker is. Op [grondstoffenscanner.nl](https://grondstoffenscanner.nl) kan je product- en stofniveau vinden welke kritieke materialen en conflictelementen er in je product zitten. Per materiaal vind je informatie over onder andere de wereldproductie, de voorraad, prijsfluctuaties en de recyclingmogelijkheden.

In grotere consumentenproducten zoals meubels, fietsen, witgoed, en sportartikelen, worden wederom voornamelijk staal- en aluminiumlegeringen gebruikt. Bijvoorbeeld voor de behuizing van de wasmachines en keukenapparatuur. RVS wordt gebruikt voor toepassingen waar corrosiebestendigheid van belang is. De hogere treksterkte van RVS ten opzichte van andere staallegeringen is meestal niet noodzakelijk voor het gebruik in consumentengoederen. Wel wordt RVS gebruikt vanwege de uitstraling van het materiaal. Duurzamere oplossingen voor dit doel zijn het gebruik van aluminium of messing met een 'RVS-look'. Deze look kan bereikt worden door het materiaal te walsen met een wals met een structuur.

Voor de andere legeringen geldt: hoe gebruikelijker de legering, hoe beter wat betreft het gebruik in een circulaire economie. De kans dat zoveel mogelijk van het materiaal gerecycled wordt is dan groter, net als de kans dat er gerecycled materiaal in kan worden toegepast. Andere afwegingen die gemaakt kunnen worden zijn de kans op schade aan het materiaal, hoe lang het product wordt gebruikt, en welke transportafstanden worden gemaakt.

## 4.3 End-of-life

Als metalen verpakkingen via een gescheiden systeem worden ingezameld (bijvoorbeeld PMD afval), worden ze van de andere stromen gescheiden op basis van hun magnetische en geleidende eigenschappen. Ferrometalen (staal) worden met magneten uit het andere verpakkingsafval gevist. Non-ferrometalen (aluminium) worden met een wervelstroomscheider uit de fractie verwijderd.

Metalen verpakkingen en producten kunnen uit het restafval worden teruggewonnen, maar dit gebeurt veel minder efficiënt dan bij een gescheiden inzamelsysteem. Niet alle afvalverbrandingsinstallaties in Nederland sorteren het afval voor de verbranding. Als dit gebeurt worden vaker ferro-metalen uit het afval gescheiden met magneten dan non-ferrometalen met een wervelstroomscheider. Wel worden er naderhand metalen uit de as gescheiden. Wederom is het makkelijker om staal en andere ferrometalen terug te winnen dan non-ferrometalen. Het recyclingpercentage van aluminium varieert tussen de 30 en 75 per AVI, bij staal is dat ongeveer 83 procent.

Voor andere metalen producten en productonderdelen geldt dat hoe beter de metalen gescheiden zijn bij inzameling, des te beter ze gerecycled kunnen worden. Als metaalhoudende producten bij een recycler terecht komen volgen ze het volgende proces:

- Afhankelijk van de grootte van het product worden de metalen onderdelen eerst grof handmatig verwijderd van de rest van het product;
- Hierna worden de producten versnipperd in een shredder. Er ontstaat een mix aan kleine snippers van verschillende materialen en metalen;
- Die materialen worden in een sorteerproces zo goed mogelijk gescheiden met een set aan verschillende machines die gebruik maken van de verschillen in eigenschappen van de materialen. Bijvoorbeeld dichtheid, geleiding, en magnetisme. Hier geldt: hoe minder verschillende metalen gezamenlijk worden gebruikt, hoe beter;

- Na het sorteren worden de metalen verder gezuiverd in een metallurgisch proces, meestal door ze te smelten. Hierbij wordt één metaal teruggewonnen, het meest waardevolle of dat wat in de hoogste concentratie aanwezig is. De andere metalen in een legering of de afvalfractie oxideren of vormen samen een restproduct, het slak. Soms worden die met een chemisch proces nog teruggewonnen, maar meestal gaan ze verloren.

Als grote metalen onderdelen eerder handmatig gescheiden zijn uit een afvalstroom, bijvoorbeeld op een bouwplaats, worden de sorteerstappen overgeslagen. Veel gebruikte metalen kunnen ook worden omgesmolten tot nieuwe producten zonder zuiveringsproces. Zeldzame metalen die in kleine hoeveelheden aanwezig zijn in bijvoorbeeld hoge sterkte staal zullen verloren gaan in het omsmeltingsproces.

Door staal te recyclen wordt 70% bespaard op de energie in het productieproces. Door aluminium te recyclen wordt [95% energie](#) bespaard in productie, t.o.v. van productie uit nieuwe grondstoffen.

*Extra bronnen:*

- [Elektronica Recycling, Elektronica design for recycling](#)
- Verpakkingen: [staal](#) en [aluminium](#)
- Bouw: [staal](#)

## 5. Keramische materialen

### 5.1 Productie: milieu-impact

Een definitie van keramiek is dat het een materiaalcombinatie is die noch metaal noch polymeer is, die ontstaat door verhitting van tenminste twee gecombineerde materialen waarvan tenminste één geen metaal is. Onder deze brede definitie vallen veel uiteenlopende materialen zoals glas, baksteen, porselein en aardewerk. Voordelige eigenschappen die de meeste van deze materialen hebben zijn dat ze chemisch inert, slijtvast, en hitte bestendig zijn. Verder zijn ze meestal thermisch en elektronisch isolerend en hebben ze een hoge hardheid. Specifieke keramische materialen hebben hun eigen onderscheidende eigenschappen. Zo is glas transparant en worden porselein en terracotta gebruikt vanwege hun esthetische kwaliteiten.

In dit hoofdstuk wordt ook beton meegenomen omdat het een zeer veel gebruikt materiaal is met een hoge milieu-impact. Het valt niet onder de gegeven definitie omdat het niet gebakken hoeft te worden, maar kan wel als keramische compositie worden aangemerkt omdat het cement wel een keramisch materiaal is.

#### **Productieproces(sen)**

Keramische materialen worden voornamelijk gemaakt uit natuurlijke mineralen die in grote hoeveelheden op de aarde aanwezig zijn. Dit zijn mineralen zoals kwarts, kaolien, klei, en kalksteen. Het nadeel van deze grondstoffen is dat ze meestal in open groeves worden gewonnen. Dit zorgt voor grote (qua oppervlakte) en langdurige aantasting van het landschap. Nederlandse bakstenen en dakpannen worden gemaakt van Nederlandse rivierklei, dit kan worden beschouwd als een hernieuwbare grondstof.

De grootste milieu-impact in de productie van keramische materialen ontstaat door de hoge productietemperaturen van de materialen. Om het keramiek, de tegels, of stenen te bakken, of glas te smelten, zijn oventemperaturen tussen de 700 en 2000 graden Celsius nodig. Bij de lagere verwerkingstemperaturen bieden elektrische

ovens een uitkomst, als er duurzame energiebronnen kunnen worden gebruikt. Op hout en fossiele brandstoffen gestookte ovens hebben als bijkomend nadeel dat er fijnstof en roetdeeltjes vrijkomen bij de verbranding.

Betonproductie is verantwoordelijk voor 5 tot 8 procent van de wereldwijde CO<sub>2</sub> uitstoot. Dit komt voornamelijk door het gebruikte cement, een keramisch product. Beton bestaat uit cement, aggregaten, water, en per toepassing specifieke hulpstoffen. De aggregaten, het grootste volume, kunnen zand of grind zijn maar ook gerecyclede bakstenen of beton. Het cement wordt gemaakt door een mix van kalksteen en klei te bakken op 1450 graden Celsius en daarna te malen tot poeder. Om deze temperaturen te bereiken wordt fossiele brandstoffen verbrand en bij de chemische reactie in de oven komt veel CO<sub>2</sub> vrij.

#### **Zeer zorgwekkende stoffen**

Bij de productie en verwerking van keramische materialen worden veel mineralen gecombineerd en giftige en hoog corrosieve chemicaliën gebruikt, waaronder meerdere zeer zorgwekkende stoffen (ZZS). Op [de website van het RIVM](#) kan er per sector en industrie specifieker gezocht worden op de mogelijke ZZS. Metalen producten kunnen deze ZZS ook zelf bevatten. Hier volgen enkele voorbeelden: Decoratief gebruikte keramische materialen, zoals porseleinen en aardewerken tegels in de bouw, worden traditioneel gekleurd met glazuren die zware metalen bevatten zoals lood, cadmium, en kobalt. Ook wordt aluminiumoxide veel gebruikt als bindmiddel. Het delven van deze metalen veroorzaakt problemen (zie hoofdstuk Metalen), en na de productie van keramiek blijft veel vervuild afvalwater over. Deze metalen staan ook op de lijst met zeer zorgwekkende stoffen van het RIVM, net als booroxide dat verwerkt zit in borosilicaatglas, dat zowel voor industriële toepassingen wordt gebruikt als in consumentenproducten. In de productie van keramische halfgeleiders worden galiumarsenide en arseenzuur gebruikt.

## 5.2 Gebruik: toepassingen

Door de duurzame eigenschappen (wat betreft bestendigheid) van keramische materialen worden ze gebruikt voor producten met een lange levensduur of toepassingen die onder extreme omstandigheden moet functioneren. Voor de hand liggen voorbeelden zoals bakstenen en glas in de bouw, maar keramische materialen worden ook in de metaalverwerkende industrie gebruikt vanwege de hoge verwerkingstemperaturen. Keramische materialen slijten langzaam, daarom worden gebruikt voor remschijven, slijptollen, en messen. Dankzij de isolerende eigenschappen worden porselein en keramiek gebruikt als isolatoren in elektronica en worden keramische coatings gebruikt voor hitteschilden in de auto-industrie.

Keramische materialen zijn wel bros, dus zijn niet geschikt voor toepassingen waar ze stoten kunnen krijgen. Zo kan het wel gebruikt worden in de kogellagers van een hijskraan, maar niet in die van een auto.

Vanwege de hoge milieu-impact en kosten van productie zijn keramische materialen in principe niet geschikt voor producten met korte levensduur, *products that flow*. Toch zijn er uitzonderingen, zoals [glazen verpakkingen](#). Hiervan moet de levensduur wel zo lang mogelijk worden uitgerekt. Doordat glas veelvuldig kan worden hergebruikt, kunnen de kosten van de productie over veel gebruikscycli worden uitgesmeerd. Ook zijn glazen verpakkingen zwaarder dan verpakkingen van metaal of kunststof, dit zorgt voor een hogere milieu-impact tijdens het transport. Dit is een factor om te overwegen bij producten die over grote afstanden vervoerd moeten worden.

## 5.3 End-of-life

Onderdelen die goed los te halen zijn, zoals glaspanelen, straatstenen, en dakpannen kunnen goed worden [hergebruikt](#). Keramische tegels en bakstenen die met een eenvoudig te onthechten mortel of lijm zijn bevestigd kunnen ook worden hergebruikt. Er bestaan [meerdere](#) 'droge' [baksteensystemen](#) voor gevels, waarbij de stenen zonder mortel worden gestapeld en kunnen worden hergebruikt.

Veel van de benoemde keramische materialen kunnen niet worden gerecycled en gebruikt voor dezelfde toepassing. Ze worden wel *gedowncycled* om ergens anders het gebruik van nieuw *virgin* materiaal te voorkomen. Tegels, bakstenen, en beton worden vermalen en als vulmateriaal onder wegen gebruikt. Ook kan het vermalen materiaal als aggregaat in beton dienen.

Glas is wel goed recyclebaar. Recycling van verpakkingsglas is bekend en gebruikelijk in Nederland. Uniek is dat in Nederland vlakglas, glazen panelen uit de bouw, apart worden ingezameld voor recycling omdat dit een grote afvalstroom is en met andere stoffen vervuild is dan verpakkingsglas. Verpakkingsglas wordt gescheiden in kleuren omdat in transparant glas enkel transparante scherven (witglas) kan worden gebruikt. Bij de productie van helder transparant glas kan tot 40% scherven worden gebruikt, in glasverpakkingen zoals conserven maximaal 60%. Groen en bruin glas kan tot 75% uit scherven worden gemaakt. Dit levert veel milieuwinst op: per 10% recycleat wordt er 5% CO<sub>2</sub> bespaard in het totale productieproces en 3% energie. Per kilo gebruikt glas wordt 1,2 kilo aan grondstoffen bespaard.

*Extra bronnen:*

- [Duurzaam materiaalgebruik Bouw en Infrastructuur](#), bevat ook kunststoffen, hout, en staal.

## 6. Hout, papier en karton

### 6.1 Productie: milieu-impact

Hout, mits afkomstig uit een duurzaam beheerd bos, is een hernieuwbaar materiaal. Het is relatief eenvoudig te bewerken en wordt (mede) vanwege haar esthetische eigenschappen vaak toegepast in o.a. interieurs, meubels of gebruiksvoorwerpen.

#### Productieproces(sen)

Hout wordt gewonnen uit zowel natuurlijke als aangeplante bossen. Een [productiebos](#) kan op meerdere manieren geoogst worden. Gekapte bomen worden in een houtzagerij verzaagd tot de gewenste planken of balken, waarna deze worden gedroogd. Hiervoor zijn verschillende [natuurlijke en kunstmatige processen](#). Met eventueel onder druk aangebrachte conserveringsvloeistoffen of door thermische of chemische modificatie kan het hout beschermd worden tegen omgevingsinvloeden waardoor het langer meegaat. Dit proces staat bekend als [houtverduurzaming](#). Een veel toegepaste methode is impregneren onder druk. Naast massief hout kan hout (of houtafval) verwerkt worden tot afgeleide materialen zoals MDF, spaanplaat of multiplex.

#### Papier & karton

Om papier te maken uit hout wordt door middel van een chemisch proces eerst de lignine van de cellulose gescheiden. De overgebleven cellulose brij wordt gebleekt, waarna deze ofwel direct tot papier kan worden verwerkt ofwel tot balen kan worden geperst die op een later moment weer met water kunnen worden opgelost voor verwerking. Aan de meeste papieren worden hulpstoffen en pigmenten toegevoegd, bijvoorbeeld om de beschrijfbaarheid te verbeteren. In een papierfabriek wordt de pulp door een mechanisch proces van [zeven, drogen, persen en walsen](#) bewerkt tot papier. Het productieproces voor [karton](#) lijkt sterk op dat van papier, met enkele verschillen. Zo is het droog-gedeelte van de betreffende machine vanwege de grotere dikte van het materiaal aanzienlijk langer.

Houtproductie kan bijdragen aan ontbossing en de vernietiging van waardevolle ecosystemen. Onafhankelijke organisaties [FSC](#) en [PEFC](#) zien toe op verantwoord bosbeheer en kennen hun keurmerken toe aan onder duurzame omstandigheden geproduceerde (producten van) hout en papier.

#### Zeer Zorgwekkende Stoffen

Bij het verduurzamen van hout en het fabriceren van afgeleide materialen kunnen stoffen worden gebruikt die schadelijk zijn voor mens en milieu. Door de vluchtigheid van deze stoffen vormen ze een risico bij het inademen of aanraken. Welke stoffen (zoals impregneermiddelen) er voor houtverduurzaming gebruikt kunnen worden hangt af van de toepassing van het materiaal. Hiervoor bestaan verschillende risicoklassen waarin o.a. onderscheid wordt gemaakt tussen gebruik binnenshuis of aan welke weersomstandigheden het hout wordt blootgesteld.

Voor het produceren van afgeleide materialen zoals MDF kan lijm worden gebruikt die formaldehyde kan bevatten.

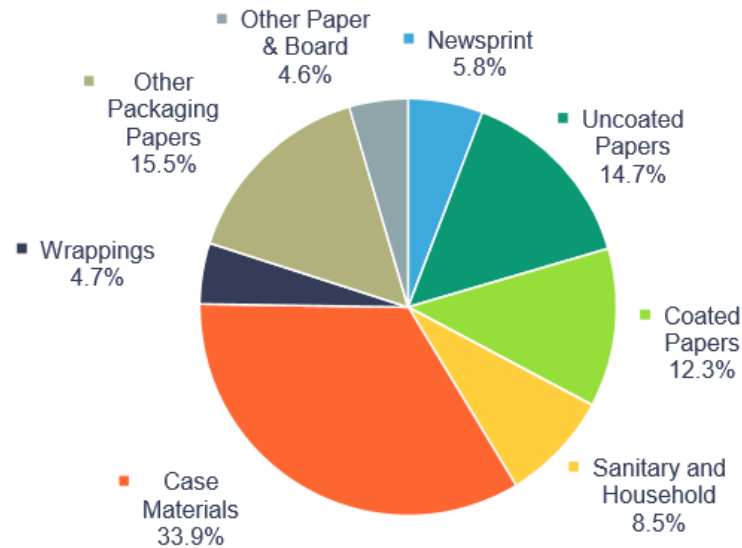
### 6.2 Gebruik: toepassingen

In 2018 werd er in de EU [470 miljoen kubieke meter roundwood](#) geproduceerd. Hiervan was 361 miljoen m<sup>3</sup> bestemd voor een industriële toepassing. De rest werd gebruikt als brandstof.

#### Papier en Karton

De gemiddelde Europeaan verbruikt ongeveer [158kg papier per jaar](#). In onderstaande figuur is de Europese papier en kartonproductie per toepassing weergegeven. *Case Materials* (voornamelijk transportverpakkingen en kartonnen dozen), wrappers en overige verpakkingstoepassingen zijn samen goed voor 54%.

*Production of paper and board by grade  
in Cepend countries in 2019*



Bron: Productie van papier en karton per toepassing ([Cepi](#))

## Verpakkingen en disposables

Meer dan de helft van alle Europese papier en kartonproductie is bestemd voor gebruik in verpakkingen zoals kartonnen dozen, drankkartons, bakjes en wrappers. Hout wordt voornamelijk gebruikt in bedrijfsverpakkingen (bijv. in kratten en pallets).

### Duurzaamheidsafwegingen

Houten verpakkingen maken vaak deel uit van een hergebruikssysteem. Zo gaan houten pallets meerdere gebruikscycli mee voordat ze worden afgedankt. Papier en

karton zijn goed recyclebaar. Ze hebben echter maar beperkte barrière eigenschappen en zijn slecht bestand tegen vocht, wat een nadelig effect kan hebben op de levensduur van een product. Om dit te ondervangen kunnen coatings worden aangebracht, deze kunnen echter het recyclingproces verstoren omdat ze lastig van het papier of karton scheiden zijn. Gerecycled karton en papier kan verontreinigd zijn met minerale oliën uit inkt (zie: 6.3 End-of-Life).

## Consumentengoederen

Hout is een veelgebruikt materiaal voor meubels en gebruiksvoorwerpen zoals keukengerei of muziekinstrumenten.

### Duurzaamheidsafwegingen

Of hout een geschikt materiaal is hangt sterk af van het product waarin het wordt toegepast en de context waarin dit product wordt gebruikt. Meubilair dat binnen wordt gebruikt kan van onbehandeld geïmpregneerd hout worden gemaakt. Tuinmeubilair of een schutting zullen echter behandeld moeten worden om ze te beschermen tegen weersomstandigheden.

## Bouw

Hout of afgeleide houtproducten kunnen worden gebruikt voor een structurele toepassing of in het interieur (bijv. vloeren) of exterieur van een constructie (bijv. kozijnen) Ook wordt er houtvezel of cellulose voor isolatiemateriaal gebruikt. Vergeleken met alternatieven is hout relatief eenvoudig te bewerken en heeft het bijvoorbeeld goede akoestische en isolerende eigenschappen.

### Duurzaamheidsafwegingen

Alternatieve bouwmaterialen vervangen door hout kan [een positief effect hebben op broeikasgas emissies](#), onder andere doordat de productie van hout in veel gevallen minder energie intensief is. Uiteraard is substitutie niet altijd mogelijk of wenselijk. Hout is immers niet voor iedere (structurele) toepassing geschikt. Ook moet er steeds rekening worden gehouden met de levensduur en onderhoudsbehoefte van de toepassing. Om het duurzaamheidspotentieel van hout optimaal te benutten



moet het worden gebruikt in situaties waar het energie intensievere materialen kan vervangen, negatieve milieu effecten (zoals emissies van vluchtige organische stoffen) ondervangen kunnen worden en wanneer er rekening wordt gehouden met de impacts van de volledige levenscyclus, inclusief eventuele positieve impacts door bijvoorbeeld *cascading* ([Suter, Steubing & Hellweg](#)).

*Extra bronnen:*

- [The environmental impacts of wood compared to other building materials](#)

## 6.3 End-of-life

Houtafval bestaat uit drie verschillende categorieën:

A: Onbehandeld hout (bijv. pallets of kratten),

B: Behandeld hout (bijv. spaanplaat of geveerd of gevernist hout)

C: Vervuild behandeld hout (bijv. een geïmpregneerde schutting)

Schoon, massief hout wordt gebruikt voor het maken van nieuwe houtproducten zoals spaanplaat. Behandeld hout dat niet kan worden hergebruikt wordt [verbrand voor energierterugwinning](#). De schadelijke stoffen uit C hout blijven achter in de as en worden apart verwerkt.

### *Papier & karton*

Papier en karton wordt al geruime tijd (apart) ingezameld voor recycling. Papierafval wordt in een zogeheten *pulper* vermalen tot vezels. Door water toe te voegen ontstaat er pulp, die in een sorteermachine wordt ontdaan van verontreinigingen zoals nietjes of plastic. Vervolgens wordt de inkt die op het papier zit verwijderd in een zogenaamde ontinkter. De Inkt drijft door het gebruik van een wasmiddel naar de oppervlakte en kan zo worden verwijderd. Het materiaal dat overblijft kan weer worden gebruikt als grondstof voor nieuw papier of karton.

### **Verpakkingen**

Gerecycled papier en karton kan verontreinigd zijn met aromatische of verzadigde koolwaterstoffen van [minerale oliën](#) uit inkt. Toegepast in een voedselverpakking kunnen deze stoffen migreren naar het levensmiddel en zodoende een gezondheidsrisico opleveren. Door een barrière, laminaat of coating toe te voegen kan deze migratie worden tegengegaan. Het is echter wel belangrijk dat het materiaal ook met deze barrières recyclebaar blijft. Gelamineerd papier of karton is lastig te recyclen om dat de verschillende lagen moeilijk te scheiden zijn.

*Extra bronnen:*

- [Paper based packaging recyclability guidelines](#)

## 7. Andere natuurlijke materialen

Biobased producten kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan de circulaire economie. Maar het aandeel van producten op plantaardige basis blijft relatief klein. Belangrijkste toepassingen voor natuurvezels zijn te vinden in de textielindustrie (mode en interieur) en in de bouw (isolatiematerialen). In de maakindustrie kan er gebruik worden gemaakt van natuurvezelcomposieten. Dit zijn natuurvezels gemengd met natuurlijke harsen of biobased thermoplasten.

### 7.1 Productie: milieu-impact

De productie van natuurvezels kan een grote impact hebben op het milieu. Bijvoorbeeld door het landgebruik, pesticiden, waterverbruik, het gebruik van kunstmest, en genetisch gemodificeerde planten. Daarnaast spelen er ethische vraagstukken op het gebied van de werkomstandigheden in zowel de productie als de verwerking van het materiaal.

Natuurvezelcomposieten zijn natuurvezels gemengd met natuurlijke harsen of biobased thermoplasten. De vezels zorgen voor de sterkte en stijfheid, de hars of thermoplast bindt de vezels samen.

Textiel kan uit hernieuwbare en niet-hernieuwbare grondstoffen worden gemaakt. De primaire grondstoffen van textiel zijn te verdelen in hernieuwbare vezels (zoals katoen, wol en linnen), synthetische vezels (zoals polyester, nylon en elastaan) en synthetisch geproduceerde hernieuwbare vezels (viscose). Een vezel is hernieuwbaar als de voorraad binnen een afzienbare periode kan worden hersteld, zoals bijvoorbeeld bij katoen door opnieuw aanplanten. Veel textielproducten bestaan overigens uit een mengsel van verschillende soorten.



Afbeelding: Impact van je kleding op het milieu ([MilieuCentraal](#))

## 7.2 Gebruik: toepassingen

### Verpakkingen en disposables

Het gebruik van natuurvezels in verpakkingen neemt toe, onder meer door de SUP (Single-use plastics) regelgeving. Denk hierbij aan bagasse (suikerriet) bakjes en het gebruik van andere (rest)stromen uit de landbouw.

#### *Duurzaamheidsafwegingen*

Producten van natuurvezels zijn geschikt om herbruikbare verpakkingen te maken en biologisch afbreekbare disposables. Deze biologisch afbreekbare materialen moet gescheiden worden ingezameld en verwerkt om ook milieuwinst op te leveren.

### Consumentengoederen

Het grootste gebruik van natuurvezel in consumentengoederen is het katoen dat wordt gebruikt voor kleding, meubels, beddengoed, en andere textiel producten.

#### *Duurzaamheidsafwegingen*

Door de grote milieu-impact van katoen in het productieproces, is het verlengen van de levensduur van deze producten een belangrijke strategie om die impact te beperken. Bescherming van de vezels tegen beschadiging of verontreiniging kunnen worden afgewogen tegen het repareren en reinigen van de producten.

### Maakindustrie

In de maakindustrie worden natuurvezels in gesponnen vezelvorm gebruikt voor doeken, touwen, en matten. Bijvoorbeeld de kokosvezelmatten voor de tuinbouw. Meer innovatieve toepassingen zijn er voor natuurvezelcomposieten. Zo wordt vlas gebruikt als duurzaam alternatief voor glasvezel producten.

#### *Duurzaamheidsafwegingen*

Het lage gewicht van de composieten levert milieuwinst in de gebruiksfase op als ze worden toegepast in voertuigen en transportmiddelen. Hierdoor wordt bespaard op de brandstofkosten en de CO2 uitstoot.

### Bouw

In de bouw worden natuurvezels gebruikt als isolatiematerialen. Zoals vlasvezels, kokosvezel, en hennep.

#### *Duurzaamheidsafweging*

De natuurlijke vezelmaterialen hebben gunstige bijkomende eigenschappen zoals vochtregulatie en geluidsisolatie, maar zijn vaak brandbaar. Daarom moet ze gemengd of geïmpregneerd worden met brandvertragende middelen, die schadelijk kunnen zijn voor mens en milieu.

## 7.3 End-of-life

Biologisch afbreekbare en composteerbare materialen zijn in opkomst. Biologisch afbreekbare materialen kunnen door micro-organismen (bacteriën of schimmels) worden afgebroken tot water, methaan en CO<sub>2</sub>. Deze afbraak is sterk afhankelijk van de omgeving: temperatuur, aanwezigheid van micro-organismen, aanwezigheid van zuurstof en water. Biologisch afbreekbare en composteerbare materialen leveren niet voor alle toepassingen en afvalverwerkingssystemen een milieuwinst op.

### Recycling natuurvezels

Gerecyclede vezels kunnen worden opgewerkt tot gerecyclede garens om nieuw textiel mee te produceren. Het terugwinnen van textielvezels door de vezels als het ware uit elkaar te trekken, is *mechanische* recycling. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij Frankenhuis textielrecycling in Haaksbergen en Wolkat in Tilburg. Mechanisch gerecyclede vezels worden met primaire vezels gemengd om voldoende kwaliteit te garanderen wanneer ze worden gebruikt in nieuwe producten (vaak ongeveer de helft van de vezels). Technisch is *chemische* recycling een mogelijkheid om de primaire grondstof voor textiel te vervangen met gerecyclede vezels, waarbij het materiaal tot nog kleinere deeltjes wordt teruggebracht (monomeren). De vezels die dit proces genereert, zijn van hogere kwaliteit. De technologieën voor chemische recycling zijn echter nog schaars en op dit moment relatief kostbaar en energie-

intensief. Ook zijn er nog technische barrières te overwinnen om te voldoen aan strenge eisen op het gebied van vervuiling en samenstelling van het materiaal.

## **Composteren**

Biologisch afbreekbare materialen kunnen ook door middel van een composteringsproces worden verwerkt tot compost. Het composteren van organisch afval kan gezien worden als een vorm van recycling met de grondstof compost als eindproduct.

Composteerbare verpakkingsmaterialen zijn materialen die voldoen aan de norm EN13432. Wanneer verpakkingen en disposables gecertificeerd zijn volgens EN13432 mogen ze een kiemplant- en/of een OK Compost logo dragen. Deze logo's geven aan dat het product in een industriële omgeving gecomposteerd kan worden.

## **Natuurvezelcomposieten**

Doordat composieten een combinatie zijn van twee of meer materialen met erg verschillende eigenschappen, zijn natuurvezelcomposieten lastig te recyclen. Composieten kunnen worden gedowncycled door ze te vermalen en als vulmateriaal in een nieuwe composiet toe te passen. Hier is nieuw bindmateriaal voor nodig en door het vermalen worden de vezels in het composiet korter, waardoor de mechanische eigenschappen slechter worden. Dit geldt ook voor niet-natuurlijke composieten.