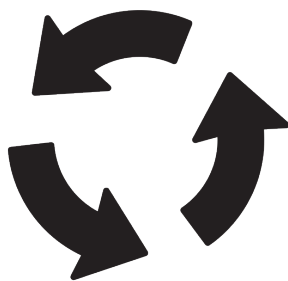


w a t
m e t

RECYCL AGE



KAREL VAN ACKER

LANNOO | METAFORUM
CAMPUS | KU LEUVEN

D/2017/45/424 – ISBN 978 94 014 3795 0 – NUR 740, 943

Vormgeving omslag: Studio Luc Derycke
Vormgeving binnenwerk: Keppie & Keppie

© De auteurs & Uitgeverij Lannoo nv, Tielt, 2017.

Auteurs: Karel Van Acker, Karen Allacker, Kris Bachus, Katja Biedenkopf, Koen Binnemans, Wim Dewulf, Maarten Dubois, Joost Dufloy, Johan Eyckmans, Philippe Muechez, Lieven Pandelaers, Geert Van Calster, Tom Van Gerven, Liesbet Vranken.

Uitgeverij LannooCampus maakt deel uit van Lannoo Uitgeverij,
de boeken- en multimediodivisie van Uitgeverij Lannoo nv.

Alle rechten voorbehouden.

Niets van deze uitgave mag verveelvoudigd worden en/of openbaar gemaakt,
door middel van druk, fotokopie, microfilm, of op welke andere wijze dan ook,
zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Citeerwijze: Van Acker, K., Allacker, K., Bachus, K., Biedenkopf, K., Binnemans, K.,
Dewulf, W., Dubois, M., Dufloy, J., Eyckmans, J., Muechez, P., Pandelaers, L., Van
Calster, G., Van Gerven, T., Vranken, L., *Wat met recyclage?*, Leuven: LannooCampus, 2017.

Uitgeverij LannooCampus
Erasmestraat 179 bus 101
3001 Leuven
België
www.lannoocampus.be

Inhoud

1. Wat met grondstoffenschaarste?	9
<i>Raken grondstoffen op?</i>	10
<i>Wat met de afvalberg?</i>	15
<i>Wat is het effect op het milieu van grondstoffen en materialen?</i>	20
<i>Wat betekent grondstoffenschaarste voor de economie?</i>	24
<i>Welke prijzengans maken grondstoffen?</i>	28
2. Hoe kan de circulaire economie grondstoffenschaarste de wereld uit helpen?	31
<i>Wat is de circulaire economie?</i>	32
<i>Waarom is recyclage noodzakelijk, maar niet voldoende?</i>	38
<i>Welke strategieën om circulaire economie te realiseren zijn er?</i>	41
<i>Wat is het mogelijke effect van circulaire economie op de economie?</i>	46
<i>Hoe kan circulaire economie helpen de klimaatopwarming tegen te gaan?</i>	49
<i>Waar komt beleid rond circulaire economie vandaan?</i>	54
<i>Hoe meten of onze economie meer circulair wordt (of net niet)?</i>	56
3. Hoe kan technologie de circulaire economie helpen realiseren?	63
<i>Wat zijn verwachte en noodzakelijke technologische innovaties?</i>	64
<i>Kunnen we kringlopen ooit 100% sluiten?</i>	69
<i>Hoe efficiënt zijn materiaalkringen vandaag gesloten?</i>	72
<i>Kunnen we producten meer recyclagevriendelijk ontwerpen?</i>	77

<i>Zijn biogebaseerde economie en circulaire economie verzoenbaar?</i>	82
4. Wat met nieuwe bedrijfsmodellen?	87
<i>Waarom zijn er nieuwe bedrijfsmodellen nodig?</i>	88
<i>Kunnen diensten materialen vervangen?</i>	92
<i>Is delen het nieuwe hebben?</i>	98
<i>Herstellen, weggooien of een tweede leven geven?</i>	104
<i>Mondiale of lokale economie?</i>	108
5. Wat met economische prikkels voor de circulaire economie?	111
<i>Waarom moet de overheid ingrijpen om grondstoffen te sparen?</i>	112
<i>Waar faalt de grondstoffenmarkt als de overheid niet ingrijpt?</i>	117
<i>Welke instrumenten zijn nodig en waar in de materiaalcyclus?</i>	121
<i>Hoe de circulaire economie financieren?</i>	128
6. Wie kan wat doen voor de circulaire economie?	133
<i>Welke hindernissen zijn er nog op de weg naar circulaire economie?</i>	134
<i>Wat is de rol van bedrijven in de circulaire economie?</i>	138
<i>Wie zal financieren?</i>	141
<i>Wat kunnen consumenten doen?</i>	145
<i>Wat dragen onderwijs en onderzoek bij aan de circulaire economie?</i>	149
<i>Wat is de rol van de overheid?</i>	152
<i>Hoe ziet de Europese Commissie de circulaire economie?</i>	157
<i>Is de circulaire economie realiseerbaar?</i>	160
Voor wie meer wil lezen	163
Nawoord	167
Bronnenlijst figuren	171

De *Wat met*-reeks wil het maatschappelijke debat over belangrijke thema's die de mens raken op een kritische manier wetenschappelijk onderbouwen vanuit de interdisciplinaire denktank Metaforum, die de rijkdom aan expertise van de KU Leuven rond maatschappelijke thema's bundelt.

Wat met recyclage? is het werk van verschillende werkgroepen en auteurs. Met name:

Karen Allacker
Kris Bachus
Katja Biedenkopf
Koen Binnemans
Wim Dewulf
Maarten Dubois
Joost Duflou
Johan Eyckmans
Philippe Muechez
Lieven Pandelaers
Karel Van Acker
Geert Van Calster
Tom Van Gerven
Liesbet Vranken

Het is ongelooflijk hoe snel dingen worden
weggesmeten hier in het Westen.

In Vlaanderen is de overheid wel erg veeleisend
wat betreft het sorteren van afval; ze maken
het de mensen toch niet gemakkelijk zo.

Het feit dat Europa zelf weinig grondstoffen
heeft, is ook bepalend geweest voor onze
geschiedenis, denk maar aan het kolonialisme.

Moeten we ons zorgen maken voor de toekomst
omdat we zelf geen grondstoffen hebben?

Onze kinderen zullen het materieel
nooit zo goed kunnen hebben als wij.

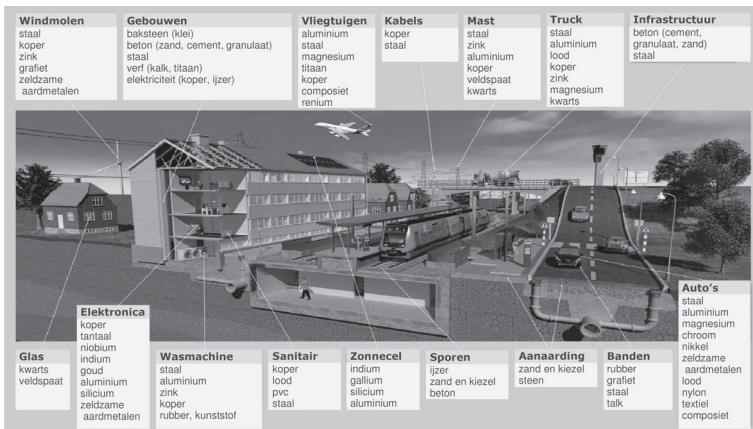
1.

WAT

met grondstoffenschaarste?

Raken grondstoffen op?

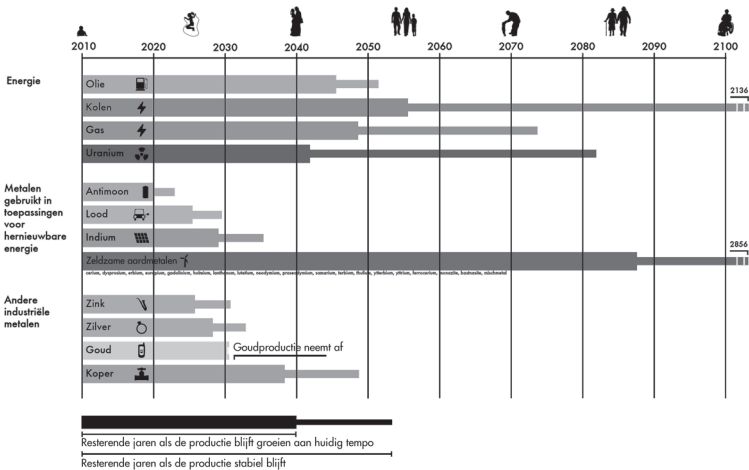
Onze welvaart is gebouwd op een vlotte en goedkope toegang tot grondstoffen. Onze auto's zijn gemaakt uit heel wat verschillende materialen: staal, kunststof, composietmaterialen, hightechmetalen voor elektronica, magneten, veiligheidssensoren, explosieven voor de airbags, batterijen, etc. Eenzelfde verhaal voor onze computers, huizen, mobiele telefoons, koelkasten, sportartikelen, en dergelijke (Figuur 1). Alle materialen waaruit deze producten zijn gemaakt, hebben een lange verwerking ondergaan en zijn uiteindelijk afkomstig van een of ander erts of (in sommige gevallen) van landbouwproducten of van aardolie. Zelfs met de huidige inspanningen om te recyclen, waarover later meer, is nog 88 tot 94% van alle producten gemaakt uit nieuwe grondstoffen. We kunnen dus zeggen dat de economie nog steeds heel sterk afhangt van de beschikbaarheid van die nieuwe grondstoffen.



Figuur 1: Materialen zijn overal aanwezig in onze technologische omgeving

(bron: EIT RawMaterials)

Het verbruik van grondstoffen is overigens nog sterk aan het stijgen. Momenteel onttrekken we jaarlijks zo'n 60 miljard ton grondstoffen aan de aarde, in de vorm van biomassa uit planten en dieren, fossiele brandstoffen (aardolie, kolen, aardgas), metalen en mineralen. Dat is bijna 10 ton per persoon per jaar. Deze enorme hoeveelheid is nog sterk aan het stijgen. De voorspelling voor 2030 is 100 miljard ton grondstoffen per jaar. Voor de meeste metalen verdubbelt de hoeveelheid jaarlijks gewonnen metaal elke 35 jaar. Historisch gezien verbruiken we nu tien keer meer materiaal dan in de jaren 1900.



Figuur 2: Wanneer wordt iemand die in 2010 geboren is, geconfronteerd met de uitputting van welke grondstoffen? (bron: Plan C)

Bestaat er een risico dat een van die grondstoffen over een paar jaar gewoonweg ‘op’ is? Als we de bekende voorraden van sommige grondstoffen delen door de snelheid waarmee ze verbruikt worden, dan kunnen we inderdaad vermoeden dat een aantal elementen heel snel ‘op’ zullen zijn (zie Figuur 2). Dat kan voor diverse elementen nog tijdens ons leven een

feit zijn, zoals voor lood, chroom, zink, goud en antimoon, met een voorspelde voorraad voor amper twintig jaar.

Waarom is dat zo voor sommige elementen, en is er veel minder een probleem voor andere? In de eerste plaats komen niet alle chemische elementen even vaak voor in de aardkorst. Sommige elementen komen overvloedig voor, zoals silicium, waaruit ongeveer een derde van de aardkorst bestaat. Of aluminium, dat 8% van de aardkorst uitmaakt. Andere zijn erg zeldzaam, zoals goud – niet voor niets een waardesymbool. Per miljard deeltjes in de aardkorst is er slechts één deeltje goud.

Gelukkig komen die zeldzame metalen geconcentreerd voor in ertsen, zodat het economisch interessant wordt om ze op te delven en uit die ertsen te winnen. Ertsen zijn dus de reservoirs voor grondstoffen. De bewering dat grondstoffen op raken, is vaak gebaseerd op hoeveel er van dergelijke reservoirs bekend zijn. Er wordt echter nog dagelijks gezocht naar nieuwe ertslagen, en nieuwe reservoirs worden daadwerkelijk gevonden. Het is daarom heel moeilijk om in absolute cijfers te voorspellen wanneer een bepaalde grondstof ‘op’ zal zijn.

Toch zijn er een aantal ernstige problemen met de grondstofvoorziening. Eerst en vooral zijn de gemakkelijkst bereikbare en rijkste grondstoffen wel degelijk uitgeput. De kwaliteit van de grondstof gaat achteruit. Met kwaliteit bedoelen we hier de concentratie aan nuttige elementen die ze bevatten. Kopererts bevatte bijvoorbeeld begin vorige eeuw 3% koper, nu nog een goede 0,3%. Er moet dus tien keer zoveel kopererts worden gedolven voor eenzelfde hoeveelheid koper. De nieuwe ertslagen die worden gevonden, zijn bovendien vaak moeilijk bereikbaar. Ze zitten diep onder de grond, waar de gesteentes harder zijn. Of ze zijn te vinden in ecologisch kwetsbare gebieden, zoals in Groenland, of zelfs

op de zeebodem. Dat maakt het complexer en duurder om ze te kunnen delven.

De ertsen zijn ook niet gelijkmatig verdeeld over de aarde. Sommige ertsen zijn geconcentreerd in een beperkt aantal landen. Lithium, nodig voor batterijen voor elektrische voertuigen bijvoorbeeld, komt vooral uit Bolivia, Chili en Argentinië. Kobalt en tantaal uit Centraal- en Zuid-Afrika. Zeldzame aardmetalen komen voor 98% uit China (ze komen wel ruimer voor, maar China heeft een marktmonopolie opgebouwd). Deze ertsen komen dus niet noodzakelijk uit politiek stabiele regio's. Regionale conflicten kunnen een grote impact hebben op de wereldwijde prijs van de grondstof. Zo heeft China bijvoorbeeld een embargo op de uitvoer van zeldzame aardmetalen ingezet als economisch wapen tijdens het dispuut met Japan over de Senkaku-eilanden in 2010. De prijs van neodymium, een essentieel element in windturbines en elektrische motoren, vertienvoudigde op enkele maanden tijd. Hoewel de prijs van neodymium en andere zeldzame aardmetalen weer gestabiliseerd is, blijft er onzekerheid over de toekomst.

Grondstofprijzen zijn niet alleen volatiel door internationale politiek of monopolies. Er zijn ook heel wat meer exotische elementen, die vaak gebruikt worden in hightechtoepassingen, die niet op zich gedolven kunnen worden. Ze komen in kleine hoeveelheden voor als bijproduct van ertsen van andere metalen, die dragermetalen genoemd worden. Indium bijvoorbeeld, dat onder meer gebruikt wordt in computers, mobiele telefoons en flatscreens, komt vooral voor in zinkerts. Dat erts bevat echter drieduizend keer meer zink dan indium. Dat betekent dat een zinkmijn niet geneigd zal zijn meer erts te delven als de vraag naar indium stijgt, omdat ze dan de hoeveelheid zink op de markt enorm doet stijgen, en de prijs van het zink doet kelderen. Het aanbod van indium is dus onlosmakelijk verbonden met het aanbod van zink. Dat

aanbod volgt niet als de vraag stijgt, waardoor de prijs van indium vaak onder druk komt te staan. We zeggen daarom dat indium structureel schaars is.

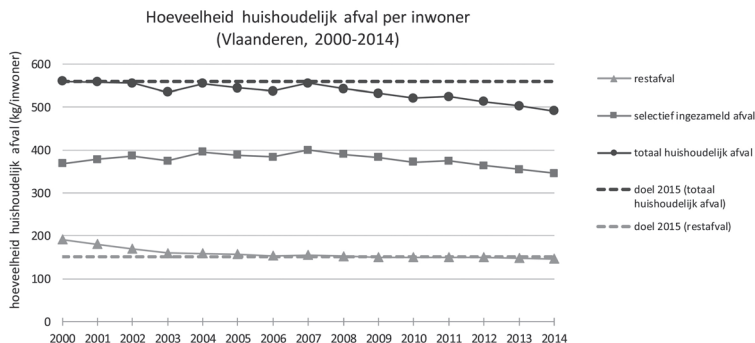
Op wereldschaal gezien speelt Europa nauwelijks een rol van betekenis in het leveren van ertsen. Europa staat in voor nog geen 5% van de totale grondstofontginning. Dat cijfer wordt dan nog hoofdzakelijk bereikt door de ontginning van 'industriële mineralen' of grondstoffen voor bouwmaterialen, zoals zand, klei en kiezel. Alleen Polen speelt een rolletje in de ontginning van koper (2,3% van de wereldproductie) en zilver (4,65% van de wereldproductie). Verder is er ook nog wat ontginning van chroom en kobalt in Finland, gallium in Hongarije, ijzer en zink in Zweden. Over Vlaanderen valt op grondstoffengebied al helemaal niets te vertellen, behalve dat we een bescheiden ontginning van zand, kiezel, klei en leem hebben. We zijn met andere woorden volledig afhankelijk van andere continenten voor de voorziening van grondstoffen.

Het antwoord op de vraag of grondstoffen schaars zijn, is dus genuanceerd. In absolute termen zijn de meeste elementen niet schaars op dit moment. Maar door de ongelijke verdeling van ertsen, de monopolies van mijnbouwbedrijven, de structurele schaarste van elementen zoals indium, is er wel degelijk een groot risico dat sommige elementen op korte termijn erg duur worden. Grondstoffen waren, en zullen ook in de toekomst de oorzaak van conflicten tussen landen zijn. We kunnen er beter voor zorgen dat de afhankelijkheid van grondstoffen vermindert, dat onze economie ook kan draaien zonder aan het infuus van grondstoffen uit het buitenland te liggen.

Wat met de afvalberg?

Terwijl grondstoffen soms schaars zijn, hebben we van iets anders een overschot: afval. Dit afval proberen we te recycleren en op een efficiënte en milieuvriendelijke manier weg te werken. Maar eigenlijk gaat het niet om twee losstaande problemen, het gaat om de begin- en de eindfase van dezelfde producten en materialen. Laten we even bekijken hoe er nu met afval wordt omgegaan.

We gaan er in Vlaanderen prat op dat we kampioen zijn in het sorteren en recycleren, en het afval tot nul gereduceerd hebben. Er zijn in Vlaanderen werkelijk heel wat inspanningen gedaan om de groei van de afvalberg af te remmen. Sinds enkele jaren is zelfs de hoeveelheid huishoudelijk afval aan het krimpen. Sinds 2014 is in Vlaanderen de hoeveelheid huishoudelijk afval per persoon onder de 500 kg gezakt (491 kg in 2014 om precies te zijn, zie Figuur 3). Daarvan wordt 70% selectief ingezameld via de container- of milieuparken, de gft-bakken voor groente-, fruit- en tuinafval en pmd-zakken voor plastic flessen en flacons, metalen verpakkingen en drankkartons. Voor alle duidelijkheid: deze cijfers gaan over wat via de gemeentes wordt ingezameld. De hoeveelheid selectief ingezameld afval daalt, maar deze daling betekent wellicht vooral dat een aantal afvalstromen via privéfirma's wordt ingezameld en verwerkt. Denk bijvoorbeeld aan de puinzakken en containers, of de inzameling van oud ijzer en dergelijke. Hoe groter de waarde van deze afvalstromen wordt, hoe meer privé-initiatieven er komen om ze te verwerken.



Figuur 3: Evolutie van het huishoudelijk afval en de verwerking ervan sinds 2000

[bron: MIRA]

Van dit huishoudelijk afval is een (kleine) 150 kg restafval. Dat is het afval dat in de bruine of grijze afvalzak of vuilcontainer wordt buitengezet, maar ook het grofvuil dat huis aan huis en bij het container- of milieupark wordt ingezameld, het gemeentevuil en wat overblijft na het sorteren van de inhoud uit de pmd-zakken. De hoeveelheid restafval is de laatste tien jaar nauwelijks gedaald. Een analyse van wat in de vuilzakken terechtkomt, heeft aangetoond dat daarvan nog 44,5% via de bestaande inzamelmogelijkheden (pmd, gft, grof vuil, etc.) zou kunnen worden verwerkt, en dus niet in de vuilzak hoeft te zitten. Dat gaat dan bijvoorbeeld over nogal wat recycleerbaar verpakkingsafval (11,4% van de vuilzak) en composteerbaar keuken- en tuinafval (14,9%). Uit de analyse van de afvalzak blijkt ook dat de Vlaming gemiddeld 7,4 kg voedsel per jaar weggooit (in de afvalzak) dat vermeden kan worden, vooral brood en banket, groenten en fruit.

Heel wat van het huishoudelijk afval wordt gerecycleerd. In 2014 was dat 41%. Bovendien wordt 3% van het afval hergebruikt, 22% gecomposteerd of met behulp van gisting verwerkt en 29% verbrand met recuperatie van de energie (die 29% is vooral het restafval van hiervoor). Ten slotte wordt

nog 4% gestort. Afval dat niet kan worden gerecycleerd of verbrand, en waarvoor storten de enige overblijvende optie is, omvat vooral asbesthoudend of sterk verontreinigd bouw- en sloopafval.

De industrie in ons land produceert echter een nog grotere stroom afval. De hoeveelheid industrieel afval (13,9 miljoen ton in 2014) is meer dan het viervoudige van het huishoudelijk afval. Industrieel afval is een verzameling van heel wat verschillende soorten afval, zoals slib van de waterzuivering (18%), bouw- en sloopafval (16%), verontreinigde grond (13%), maar ook afval van plantaardige of dierlijke oorsprong (20%) en papier- en kartonafval (11%, exclusief verpakkingsmateriaal). De meeste industriële afvalstromen worden selectief ingezameld, maar zo'n 12% is niet-selectief ingezameld bedrijfsafval of bedrijfsrestafval.

Het is niet gemakkelijk om precies te bepalen hoeveel industrieel afval wordt gerecycleerd, omdat een grote hoeveelheid afval een of meer extra behandelingen krijgt. Een ruwe schatting zegt dat 77% of dus meer dan drie kwart van het afval opnieuw als materiaal gerecupereerd wordt. Nog 1,7 miljoen ton (of meer dan 12%) wordt gestort. Hier is zeker verbetering mogelijk; er zou nog heel wat meer gerecycleerd kunnen worden. Bovendien is elke toepassing van het afval als materiaal al voldoende om het als gerecycleerd te beschouwen. 99% van het bouw- en sloopafval wordt bijvoorbeeld als granulaat gebruikt, vooral als fundering van wegen en andere infrastructuur. Dat is de meest laagwaardige toepassing die je kunt bedenken.

We moeten er ons bewust van zijn dat Vlaanderen en België in Europa koplopers zijn in afvalverwerking. Qua hoeveelheid afval zijn we middenmoters, maar geen land zendt minder afval naar stortplaatsen. België en Italië zijn de enige

twee landen van de Europese unie die meer dan 70% van het afval recycleren. De verschillen met andere landen zijn soms zeer groot. Een aantal landen van de Europese Unie stort nog meer dan 80% van het (huishoudelijk en industrieel) afval: Finland, Zweden, Roemenië, Griekenland en Bulgarije.

Op wereldschaal is de situatie nog dramatischer. In totaal wordt nog 2,12 miljard ton afval per jaar gestort, of dus een ruime 280 kg per persoon. Dat is zoveel als een laag van 20 meter afval over de hele oppervlakte van het Brussels gewest. In grote delen van de wereld wordt er zo goed als (nog) niet gerecycleerd, zoals in Afrika, India en Zuid-Amerika. Zelfs in ontwikkelde landen zoals de Verenigde Staten wordt nog steeds maar een kwart van het afval gerecycleerd, wat heel wat minder is dan in Europa. Bovendien voorspelt de Wereldbank dat de hoeveelheid huishoudelijk afval nog drastisch zal stijgen de komende jaren, vooral ten gevolge van de verstedelijking en de stijgende bevolking, en zou verdrievoudigen tegen 2100. Daar hangt ook een prijskaartje aan vast. Naar schatting kost de afvalverwerking momenteel wereldwijd 200 miljard EUR/jaar. Deze kosten zullen vermoedelijk nog sterk stijgen; de Wereldbank voorspelt een kostprijs van om en bij 350 miljard EUR/jaar in 2025.

De enorme hoeveelheden afval die dagelijks geproduceerd worden, hebben natuurlijk alles te maken met de manier waarop we produceren en consumeren. Ondanks een ontluisend bewustzijn van de waarde van afval, wordt er nog steeds erg kwistig omgesprongen met grondstoffen en materiaal. Om te beginnen moet er al heel wat materiaal verzet en bij het afval gezet worden bij het ontginnen van materiaal. Frappant is het voorbeeld van goud, waarbij er uit 1 ton erts slechts zo'n 5 gram goud overblijft. Tijdens het verder verwerken van het materiaal tot een product gaat er nog eens heel wat materiaal verloren door de manier van produceren. Het ergste is dat het

uiteindelijke product weggegooid wordt na een gemiddelde levensduur van amper twee weken. Alle moeite, energie en materialen gestoken in het maken van het product zijn op dat moment verloren. We noemen dat de lineaire economie: grondstoffen worden ontgonnen, verbruikt om producten te maken, om niet lang daarna afval te worden – in het Engels het *take-make-waste*-principe. Paradoxaal genoeg hebben we heel wat geld over om af te raken van iets waar nog heel wat waarde in kan zitten, namelijk ons afval.

Wat is het effect op het milieu van grondstoffen en materialen?

De klimaatopwarming staat vandaag bovenaan op de milieue-agenda. De uitstoot van broeikasgassen wordt spontaan verbonden met het opwekken van energie. Toch vormt de grondstofontginning en de productie van materialen ook een belangrijke bron van broeikasgassen, tot wel een kwart van de totale uitstoot. De staalproductie alleen is goed voor ongeveer een tiende van alle uitstoot wereldwijd (2,5 miljard ton CO₂ per jaar door staalproductie). De op een na grootste bron van CO₂-productie bij de materialen is cement. De cementproductie is goed voor 1,9 miljard ton CO₂ per jaar, of een vijftiende van alle CO₂-uitstoot. Op zich valt de CO₂-uitstoot per kg geproduceerde cement wel mee, maar er wordt zo gigantisch veel cement gemaakt (meer dan 7 miljard ton per jaar) dat de totale hoeveelheid CO₂ zeer groot is. Elke bescheiden bijdrage om de hoeveelheid CO₂ die uitgestoten wordt bij de productie van cement of staal te verminderen, kan dus een groot effect hebben op de klimaatproblematiek.

Tijdens hun gebruik hebben materialen dan weer vaak een positief effect op de klimaatproblematiek. Heel wat materialen zijn cruciaal voor de opwekking van groene energie met windmolens en zonnecellen. Helaas zijn dat vaak nogal exotische elementen, waarvan de grondstofvoorziening in de toekomst niet erg zeker is (zie het eerste deel van dit hoofdstuk). Verder kan het gebruik van lichte en sterke materialen ervoor zorgen dat vliegtuigen, auto's, treinen en machines lichter worden en dus minder verbruiken. Nieuwe materialen leiden ook tot betere isolatie van gebouwen, betere batterijen en dergelijke. Er moet dus steeds een compromis gezocht worden tussen de

milieu-impact van de productie van materialen, en het nuttig gebruik van de meeste materialen.

De afvalberg heeft ten slotte ook invloed op het klimaat. Zo'n 5% van de totale hoeveelheid broeikasgassen wordt uitgestoten door het storten en verbranden van afval. Dat komt onder meer door de vorming van methaan in stortplaatsen. Het methaan van stortplaatsen is goed voor 12% van de totale methaanemissies. Methaan is een broeikasgas met per kg 21 keer meer effect op de klimaatopwarming dan CO₂. Op een aantal goed beheerde stortplaatsen wordt het methaan opgevangen en gebruikt om energie op te wekken. Het is echter niet mogelijk om alle methaan op te vangen; er ontsnapt in alle stortplaatsen wel een hoeveelheid. Gemiddeld zou slechts 20% van het methaan effectief worden opgevangen. Stortplaatsen blijven daarom, ook als ze goed beheerd zijn, bronnen van broeikasgassen.

Klimaatopwarming is slechts één gevolg van het ontginnen, gebruiken en afdanken van materialen. Er zijn nog een hele reeks andere milieu-impacten. Bij het ontginnen van ertsen worden soms toxische chemicaliën gebruikt om metalen uit de ertsen te logen. Voor het winnen van goud uit gouderts wordt nogal wat cyanide gebruikt. Indien niet goed beheerd kan dat in het milieu terechtkomen in de buurt van de mijn, zoals bij de Kori Kollo-mijn in Bolivia. Ook zware metalen spoelen weg naar de omgeving. Bij het opdelen van fosfor in Marokko wordt voor elke ton fosfor vijf ton radioactief fosfor-gips geproduceerd, dat als stof deels in de lucht terechtkomt.

Behalve deze milieuproblemen die inherent zijn aan een weinig verantwoordelijke uitbating van mijnen, zijn er ook met de regelmaat van de klok onvoorziene milieurampen. Bij de Gold King-mijn in Colorado (VS) liep op 5 augustus 2015 11 miljoen liter water met hoge concentraties lood, cadmium

en arsenicum in de nabijgelegen Cement Creek-rivier, en kleurde die helemaal goudgeel. Een oud reservoir van afvalwater was gebarsten. Een pittig detail is dat de Amerikaanse overheid ten gevolge van economische besparingen net subsidies voor het opruimen van dergelijke reservoirs had geschrapt. Behalve de Gold King-mijn zijn er in Colorado nog 22.000 andere verlaten goudmijnen, elk met een of meer van dergelijke reservoirs. In hetzelfde jaar veegde een modderstroom die sterk vervuild was met giftige stoffen zoals kwik, arsenicum, chroom en mangaan het Braziliaanse dorpje Bento Rodrigues van de kaart. Elf mensen kwamen om. In totaal stroomde 60 miljoen kubieke meter van deze modder uit een reservoir van de nabijgelegen ijzermijn de Rio Doce in.

Ondanks het groene imago van alternatieve materialen die uit planten worden gemaakt, zijn ook hier milieuproblemen te verwachten. De teelt van planten vergt vaak (synthetische) meststoffen en pesticides, die in de bodem dringen en in het grondwater terechtkomen. Het telen van biomassa heeft vaak ook zeer veel water en energie nodig. Ten slotte moet bij het gebruik van biomassa als bron voor materialen ook competitie met voedingsgewassen vermeden worden. Als er bijvoorbeeld massaal maïs geteeld wordt voor de aanmaak van melkzuur-gebaseerde kunststoffen, dan is er minder landbouwgrond over om maïs of andere planten voor voeding te telen. Bij de tweede generatie biogebaseerde materialen wordt er terecht gebruikgemaakt van niet-gebruikte reststromen van de landbouw, van houtachtige plantensoorten en van afval.

Aan het eind van de materiaalkring, bij de afdanking van producten, is er niet alleen de uitstoot van methaan en andere gassen, maar ook het probleem van het lekken van toxische stoffen naar de bodem. Dat lekken wordt veroorzaakt door vocht of insijpelend regenwater dat geleidelijk metalen zoals lood en cadmium oplost en afvoert naar de bodem en zo naar