



## VOORUITGANG IN DE CIRCULAIRE ECONOMIE

Inzichten uit analyses van drie productgroepen:  
woningen, verpakkingen en energietechnologieën

Trudy Rood, Anton van Hoorn



## Colofon

### **Vooruitgang in de circulaire economie – Inzichten uit analyses van drie productgroepen: woningen, verpakkingen en energietechnologieën**

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

PBL-publicatienummer: 5514

## Contact

Trudy.Rood@pbl.nl

## Auteurs

Trudy Rood, Anton van Hoorn

## Met bijdragen van

Natascha Spanbroek (RIVM), Alexander Bletsis (TNO), Arjan de Koning en René Kleijn (CML)

## Met dank aan

Sonja Kruitwagen, Anne Gerdien Prins, Aldert Hanemaaijer en Kees Schotten (PBL)

Het PBL is dank verschuldigd aan de onderzoekteams van de productgroepanalyses; Janneke van Oorschot, Arjan de Koning & René Kleijn (CML), Natasha Spanbroek (RIVM), Marc Pruijn & Marc Veenhuizen (RWS), Paul Stegman, Esther van den Beuken, Jisca van Bommel, Martijn Kamps & Alexander Bletsis (TNO), Ruud Balkenede (TUD), Sanne Bours & Remi Elzinga (UU)

## Omslagfoto's

Links: Riesjard Schropp; midden en rechts: PureBudget

## Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

## Toegankelijkheid

Het PBL hecht veel waarde aan de toegankelijkheid van zijn producten. Mocht u problemen ervaren bij het lezen ervan, dan kunt u contact opnemen via [info@pbl.nl](mailto:info@pbl.nl). Vermeld daarbij s.v.p. de naam van de publicatie en het probleem waar u tegenaan loopt.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rood, T. & A. van Hoorn e.a. (2024), Vooruitgang in de circulaire economie – Inzichten uit analyses van drie productgroepen; woningen, verpakkingen en energietechnologieën, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>Vooruitgang in circulaire economie</b>	<b>7</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2. Grondstoffen en impact</b>	<b>9</b>
2.1 Vraag naar producten en grondstoffen	9
2.2 Kenmerken van producten	10
2.3 Spelers in de materiaalketen	12
2.4 Impact op klimaat, milieu en biodiversiteit, en leveringsrisico's van grondstoffen	12
<b>3. Veranderingen in grondstoffen en effecten door circulariteit</b>	<b>15</b>
3.1 Bijdrage van afzonderlijke strategieën	15
3.2 Effecten van circulariteit op grondstoffen	16
3.3 Effecten op impact klimaat, milieu, biodiversiteit	17
3.4 Leveringsrisico's	18
<b>4. Belemmeringen</b>	<b>19</b>
4.1 Prioriteit van circulaire economie	19
4.2 Marktomstandigheden voor circulariteit	20
4.3 Overheidssturing	21
<b>5. Aanknopingspunten voor beleid</b>	<b>23</b>
5.1 Verbinding van circulariteit aan andere ambities	23
5.2 Ontwerp van circulaire producten	24
5.3 Inzet op alle circulariteitsstrategieën	25
5.4 Specifieke productgerichte beleidsaandacht	25
5.5 Informatiebeschikbaarheid	27
<b>Referenties</b>	<b>29</b>
<b>Bijlagen</b>	<b>30</b>
Bijlage 1 Hernieuwbare energie	31
Bijlage 2 Woningen	31
Bijlage 3 Verpakkingen	33
Bijlage 4 Toelichting bij de impactberekeningen	34

# Samenvatting

## ***Inzicht in knelpunten en kansen voor efficiënter gebruik van grondstoffen, uit drie productgroepanalyses***

Nederland streeft naar een circulaire economie. In een circulaire economie worden radicaal minder grondstoffen gebruikt, worden producten en materialen hergebruikt, worden duurzame hernieuwbare grondstoffen toegepast en wordt afval geminimaliseerd. Grondstoffen blijven in een circulaire economie lang in de kringloop, wat zorgt voor minder milieuvervuiling en broeikasgasuitstoot, minder afval en zwerfafval. Bovendien is Nederland dan voor grondstoffen en materialen minder afhankelijk van andere landen.

Om meer inzicht te krijgen in wat nodig is voor de circulaire economie, heeft het PBL aan kennispartners gevraagd om analyses te maken van drie productgroepen, te weten de productgroep energietechnologieën: zonnepanelen, windturbines en batterijen; de groep verpakkingen: kunststof verpakkingen en drankenkartons; en de groep woningen: nieuwbouw en renovatie. Dergelijke productgroepen worden ook in het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) onderscheiden.

In deze notitie brengt het PBL de drie analyses samen. We geven inzicht in de stand van zaken in de transitie naar de circulaire economie van de productgroep, in de belemmeringen en de maatregelen die mogelijk zijn om die productketen meer circulair te maken, en we leiden hier aanknopingspunten uit af voor het beleid.

## ***Meer grondstoffen nodig, met aanzienlijke impact tot gevolg***

De drie productgroepen kennen op dit moment een aanzienlijk materiaalgebruik, en hebben daardoor ook een substantiële impact op klimaat, milieu, biodiversiteit (natuur) en leveringszekerheid. Trendanalyses laten zien dat de komende decennia de vraag naar grondstoffen in deze productgroepen sterk toeneemt. Dat hangt samen met de vraag naar producten. Zo zal de vraag naar verpakkingen toenemen door bijvoorbeeld de groeiende vraag naar *to go*-producten, de vraag naar woningen neemt toe door de groeiende bevolking en er is meer vraag naar zonnepanelen, windturbines en batterijen door de energietransitie.

Om al die verpakkingen, woningen en energie-installaties te maken, zijn tientallen gigaton aan materiaal nodig. En die tientallen gigaton materiaalgebruik hebben een substantiële impact. Tot 2050 zijn er bijvoorbeeld 38 keer zoveel batterijen nodig als er nu in Nederland worden gebruikt, en daarvoor zijn jaarlijks meer kritieke en schaarse metalen nodig en dat leidt tot leveringsrisico's. En er worden bijvoorbeeld 17 procent meer kunststofverpakkingen gebruikt en deze zijn nu voornamelijk gemaakt van fossiele grondstoffen, zoals olie. Ook de toename in het aantal woningen en de verduurzaming van woningen vragen veel materiaal en leiden bijvoorbeeld ook tot meer broeikasgasemissies.

## ***Niet voldoende recycelaat om grondstofvraag te vervullen***

Het gebruik van grondstoffen neemt minder sterk toe als partijen in de samenleving gebruik maken van de zogenoemde circulariteitsstrategieën. De vier strategieën die in combinatie met elkaar de grootste besparing opleveren zijn: vermindering van de vraag, bijvoorbeeld door producten te delen of huren; levensduurverlenging, door bijvoorbeeld hergebruik, reparatie; recycling; en vervanging van fossiele en minerale grondstoffen door biograndstoffen. Innovaties, ontwerp en

verdienmogelijkheden spelen daarbij een essentiële rol. Vermindering van de vraag en levensduurverlenging leveren het meeste op. Alleen recycling is niet genoeg om aan de grondstoffenvraag tegemoet te komen. Bij alle productgroepen groeit de vraag naar materiaal, en deze vraag overtreft het beschikbare recycklaat – ook bij een hoge mate van efficiëntie in de recycling.

### **Circulaire economie krijgt onvoldoende prioriteit; kansen blijven onbenut**

De transitie naar een circulaire economie stuit nog op diverse belemmeringen. Bij de drie productgroepen krijgen andere maatschappelijke opgaven in de praktijk meer prioriteit dan de circulaire economie. Bij de energietechnologieën gaat het bijvoorbeeld vooral over het bouwen van meer windmolens om zo veel mogelijk elektriciteit op te wekken, bij woningen om meer woningen te bouwen, en bij verpakkingen gaat het om meer produceren.

Bij de grote investeringen in de woningbouw en de energietransitie is nog weinig aandacht voor circulariteit. Verder zijn circulaire alternatieven vaak relatief duur, en producten zijn zo ontworpen dat ze veelal niet geschikt zijn voor de hierboven genoemde circulariteitsstrategieën. De bouw en productie van woningen, zonnepanelen, windturbines en verschillende batterijen zoals wijkbatterijen en autobatterijen, kunnen daardoor gepaard gaan met grote verliezen aan grondstoffen. Dit kan voorkomen worden wanneer de circulaire ambitie wordt verbonden aan de woningbouw- en energieopgave. Oftewel: als een circulaire aanpak nu niet wordt meegenomen, worden kansen gemist en is er een risico dat grondstoffen worden verspild en er in 2050 mogelijk ernstige tekorten zijn.

## Aanknopingspunten voor beleid

Om de transitie naar de circulaire economie te versnellen, is het nodig dat de overheid het beleid concreetiseert. Onderstaande punten zijn voor alle drie de productgroepen van belang.

### 1. Verbind circulariteit aan andere opgaven/vraagstukken

Het leggen van verbinding tussen circulariteit en andere opgaven is urgent, want momenteel worden grote investeringen gedaan in de energietransitie en woningbouw. Wanneer hierbij andere keuzes worden gemaakt, kan dit zorgen voor minder materiaalgebruik en minder negatieve impact op klimaat, milieu en leveringsrisico's. Denk aan het maken van vervangbare batterijonderdelen, recyclebare windbladen en het splitsen van woningen. Door juist bij de grote investeringen in te zetten op circulariteit kan de circulaire-economiëtransitie worden versneld.

### 2. Maak producten geschikt voor circulariteit

Huidige producten zijn meestal niet gemaakt voor circulariteit. Zo zijn ze slecht te repareren of recycleren. Autobatterijen zitten bijvoorbeeld geïntegreerd in het frame van een auto of de batterijcellen in een pakket kunnen niet worden vervangen of gerepareerd. En materialen in drankkartons kunnen niet opnieuw worden gebruikt in voedselverpakkingen.

De meeste producenten gaan niet uit zichzelf producten op een andere, circulaire manier ontwerpen en produceren. Als de overheid de circulaire transitie wil versnellen zou ze producenten daarom moeten stimuleren en ondersteunen. De winst die een circulair product oplevert voor klimaat en leefomgeving wordt pas op lange termijn geoogst en de financiële winst voor het bedrijf kan ook lang op zich laten wachten, of wordt geïncasseerd door een andere producent in de productketen. Zolang producten niet 'circulair' zijn, zijn ook de andere circulariteitsstrategieën, zoals reparatie en recycling lastiger in te zetten.

### 3. Alle circulaire oplossingen zijn nodig

Levensduurverlenging van producten en vermindering van de vraag naar producten hebben grotere effecten op het grondstofgebruik dan recycling, maar zijn onderbelicht in praktijk en beleid. Inzet op een combinatie van alle circulariteitsstrategieën is essentieel om tot een oplossing van het grondstoffenvraagstuk te komen. Recycling is belangrijk en kan de komende jaren in beginsel een grote bijdrage leveren aan minder gebruik van primaire grondstoffen. De andere strategieën, zoals levensduurverlenging, vervanging en vraagvermindering, zijn echter ook van belang om tot een circulaire economie te komen.

### 4. Specifieke productgerichte beleidsaandacht nodig

Er is specifiek beleid nodig voor producten. In de drie productanalyses vallen namelijk de verschillen op. In de groep energietechnologieën zijn zonnepanelen bijvoorbeeld heel anders dan autobatterijen. De producten komen tot stand in een diversiteit aan ketens, elk met zijn eigen (internationale) actoren, cultuur, kenmerken en grondstoffen. Daarom verschillen ook de oplossingen voor het meer circulair maken van deze ketens. In het NPCE is onderscheid gemaakt tussen productgroepen, zoals de productgroep verpakkingen en woningen. Maar ook binnen een productgroep zijn de verschillen in actoren en belemmeringen dus dermate groot, dat het beleid naast aandacht voor productgroepen, ook aandacht zou moeten hebben voor producten. Een knijpfruitverpakking is in alle opzichten wezenlijk anders dan een statiegeldfles of een wasmiddelfles – en dat vraagt om een specifieke aanpak. Bij dit productgericht beleid hoort ook aandacht voor specifieke materialen – zoals voor de verduurzaming van de productie van conventionele materialen zoals beton en staal omdat die nog lang gebruikt zullen worden en verantwoordelijk zijn voor een substantiële milieu-impact.

### 5. Data en informatiebeschikbaarheid

Informatie en data over bijvoorbeeld de samenstelling van producten, de herkomst van materialen, voorgaand gebruik, repareerbaarheid en demontage-instructies, zijn van cruciaal belang. Die informatie is nodig om bijvoorbeeld recycelaat te kunnen gebruiken, producten te repareren of garantie te geven op een tweedehandsgoed. Bij alle drie de productgroepen geven partijen in het veld aan dat businesscases worden belemmerd door gebrek aan deze informatie. Voor overheden en ondernemers is de beschikbaarheid van betrouwbare informatie een vereiste voor de transitie naar een circulaire economie. Beleid kan meer doen om dit soort informatie te verzamelen, te verspreiden en te verplichten, bijvoorbeeld door het faciliteren van een databank of (Europese) reparatie-instructies te eisen. Zonder kaders van de overheid komen deze gegevens niet vanzelf tot stand.

# Vooruitgang in de circulaire economie

## 1. Inleiding

Nederland streeft naar een circulaire economie. In een circulaire economie worden radicaal minder grondstoffen gebruikt, worden producten en materialen hergebruikt, worden duurzame hernieuwbare grondstoffen toegepast en wordt de hoeveelheid afval geminimaliseerd. In een circulaire economie blijven grondstoffen langer in de kringloop waardoor er minder nieuwe grondstoffen nodig zijn. Hierdoor neemt de afhankelijkheid van andere landen af, en ontstaat er minder milieuvervuiling, broeikasgasuitstoot, biodiversiteitsverlies en (zwerf)afval.

Het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) bevat maatregelen om de komende jaren zuiniger om te gaan met grondstoffen (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2023). In dit programma onderscheidt het Rijk productgroepen die sterke effecten hebben op klimaatverandering, milieuvervuiling, biodiversiteitsverlies en leveringsrisico's. Het PBL heeft kennispartners gevraagd om analyses te maken voor drie van deze productgroepen. Aan de hand van die analyses hopen we meer inzicht te krijgen in de stand van zaken in de transitie naar de circulaire economie, de belemmeringen en de mogelijkheden om de keten van die drie productgroepen meer circulair te maken. Deze productgroepanalyses zijn uitgevoerd door RIVM, TNO, CML, Universiteit Utrecht, RWS en TU Delft (Spanbroek et al. 2024; De Koning et al. 2024; Blentsis et al. 2024; zie bijlage voor samenvattingen).

Het gaat om de volgende drie productgroepen:

- **Energietechnologieën:** de productgroep energietechnologieën bestaat uit de technologieën die nodig zijn voor de energietransitie: windturbines, zonnepanelen en batterijen. In de analyse zijn batterijen in elektrische auto's, wijkbatterijen en thuisbatterijen meegenomen.
- **Verpakkingen:** de productgroep verpakkingen bestaat uit tal van vormen en materialen voor veel verschillende toepassingen. In de analyse is gekeken naar kunststofverpakkingen en drankenkartons.
- **Woningen:** de productgroep woningen bestaat uit de bouw van (verschillende typen) nieuwe woningen, en renovatie en verduurzaming van bestaande woningen.

In deze notitie brengt het PBL de inzichten uit de afzonderlijke analyses samen. We laten de voor beleid en politiek relevante overeenkomsten en verschillen zien tussen de productgroepen en geven op basis daarvan een vijftal aanknopingspunten voor het beleid.

### *Veantwoording en leeswijzer*

De productgroepanalyses zijn door literatuurstudie, interviews en data- en modelanalyse tot stand gekomen. Alle drie de analyses hadden een begeleidingsgroep met externe experts uit beleid, wetenschap en praktijk. De analyses zijn intern gereviewd door de deelnemende instituten en het PBL. Voor deze notitie is alleen gebruik gemaakt van deze analyses, niet van andere onderzoeken.

In hoofdstuk 2 kijken we naar het gebruik van grondstoffen in de productgroepen en de impact die dat teweegbrengt. In hoofdstuk 3 beschrijven we vervolgens hoe het grondstofgebruik kan

veranderen door circulariteitsstrategieën, en het effect daarvan op de impact (klimaat, milieu, biodiversiteit, leveringszekerheid) van de productgroepen. In hoofdstuk 4 beschrijven we de overkoepelende belemmeringen die naar voren komen uit de productgroepanalyses om naar een circulaire economie te komen. In hoofdstuk 5 sluiten we af met de inzichten in de kansen en aanknopingspunten voor beleid en politiek.



## 2. Grondstoffen en impact

In dit hoofdstuk beschrijven we de overkoepelende inzichten uit de productgroepanalyses in het gebruik van grondstoffen en de impact die dat teweegbrengt. We bespreken eerst de vraag naar producten en grondstoffen, en gaan vervolgens in op overeenkomsten en verschillen daarin; eerst in de kenmerken van de producten en daarna in de materiaalketens. Ten slotte beschrijven we de impact van het grondstoffengebruik op klimaat, milieu, biodiversiteit, en leveringszekerheid.

### 2.1 Vraag naar producten en grondstoffen

#### *Vraag naar producten groeit*

Of het nu om woningen, kunststofverpakkingen, of windturbines, zonnepanelen en batterijen gaat: in alle productgroepen neemt de Nederlandse vraag naar producten toe. Bij de energietechnologieën staan er in 2050 ruim 4 keer zoveel windturbines, 11 keer zoveel zonnepanelen en zijn er 38 keer zoveel batterijen als nu. De vraag naar deze producten voor hernieuwbare elektriciteit neemt toe, doordat deze technieken voorzien in een groeiende vraag van de samenleving naar elektriciteit met een relatief lage impact op klimaat.

Ook het aantal woningen en producten voor verduurzaming en onderhoud van woningen neemt toe. In de gemodelleerde trend komen er tot 2030 1,4 miljoen woningen bij in de periode 2019-2030 en nog 1 miljoen woningen tussen 2030 en 2050. Daarnaast is er een beleidsambitie om 2,5 miljoen woningen beter te isoleren voor 2030. De vraag naar woningen neemt toe door vergrijzing, huishoudensverdunding, toenemende welvaart, en stijging van de omvang van bevolking. De vraag naar producten voor verduurzaming van de woning is vooral het gevolg van beleid voor de energietransitie. Daarnaast zijn producten nodig voor regulier onderhoud en renovatie van woningen.

En in 2050 neemt ook het gebruik van kunststofverpakkingen toe: 17 procent meer dan nu. De vraag naar dit soort verpakkingen neemt toe, doordat de consumptie oploopt. Daarnaast dragen demografische en culturele verschuivingen bij aan de groei. Denk bijvoorbeeld aan *to go*-verpakte producten en kleinere portieverpakkingen.

#### *Toename van producten zorgt voor meer gebruik van grondstoffen en materialen*

De toename van het gebruik van producten zorgt voor een groter gebruik van grondstoffen bij alle drie de productgroepen. Tot 2050 is voor de windturbines bijvoorbeeld 25 megaton materiaal nodig, voor zonnepanelen 35 megaton en voor batterijen meer dan 1 megaton; in 2050 is jaarlijks 1,5 tot 3 keer zoveel materiaal nodig voor deze producten dan in 2020. Ook bij woningen is de komende decennia veel materiaal nodig. In 2020 is voor woningen 19 megaton grondstoffen gebruikt en in 2050 is dat naar verwachting 15 megaton. De vraag naar verpakkingen leidt tot een groei van het plasticgebruik in kunststofverpakkingen van bijna 386 kiloton in 2022 tot 451 kiloton in 2050.

## 2.2 Kenmerken van producten

### *Gebruikte materialen variëren*

De megatonnen bestaan uit verschillende materialen. Voor de energietechnologieën worden onder meer diverse metalen, glas, plastic, beton, glasvezeldoek, kunsthars en balsa gebruikt. De materialen die in de woningen worden gebruikt variëren van bijvoorbeeld beton, staal, baksteen en hout voor de constructies tot gips en kalkzandsteen voor wanden en gevels, diverse soorten isolatiemateriaal, en glas. Daarnaast worden ook metalen gebruikt (voornamelijk koper en aluminium), en kunststoffen. Bij kunststof verpakkingen en drankenkartons gaat het om verschillende materiaalsoorten zoals PET, PE, PP, PS, PVC, papier en aluminium.

### *Onderscheid in producten*

De producten binnen een productgroep verschillen aanmerkelijk. Windturbines, zonnepanelen en batterijen zijn vrijwel onvergelykbare producten. Bij woningen is er groot verschil in materiaalgebruik en productieketens tussen typen woningen, typen eigenaren, en tussen nieuwbouw dan wel verduurzaming van bestaande woningen.

De keuze voor een soort verpakking – en daarmee het materiaal – is een afweging van verschillende factoren die sterk samenhangen met het product dat verpakt wordt, zoals de kostprijs, houdbaarheid, hygiëne, gemak en uitstraling. Bij verpakkingen is ook het onderscheid belangrijk tussen zogeheten contactgevoelige en niet-contactgevoelige producten. 58 procent van de verpakkingen is contactgevoelig. Voorbeelden van contactgevoelige verpakkingen zijn verpakkingen van voedsel, cosmetica en medicijnen. Aan deze verpakkingen worden extra kwaliteitseisen gesteld, zoals aan het gebruik van recycleert in deze verpakkingen. Voorbeelden van verpakkingen voor niet gevoelige toepassingen zijn wasmiddel- of verfverpakking, of bubbelfolie. Naast contactgevoeligheid is ook onderscheid tussen vormvaste verpakkingstypen als drankenkartons, frisdrankflessen en bakjes, en flexibele verpakkingstypen als folies en zakken.

### *Levensduur van productgroepen varieert van eenmalig tot tientallen jaren*

De levensduur van producten verschilt sterk tussen de productgroepen. De levensduur van energietechnologieproducten en woningen is nog enigszins vergelijkbaar, maar bij verpakkingen is de levensduur van een heel andere orde grootte. Verpakkingen gaan vaak eenmalig mee, en zijn meestal binnen het eerste jaar al afgedankt. Windturbines en zonnepanelen kunnen enkele decennia meegaan, en woningen ook tientallen jaren tot meer dan 100 jaar. Tijdens de levensduur is dan alleen materiaal nodig voor instandhouding en aanpassingen.

### *Bij verpakkingen wordt nauwelijks materiaalvoorraad opgebouwd terwijl de voorraad batterijen hard oploopt*

De omvang van de materiaalvoorraad in de productgroepen is ook heel anders. In de bestaande woningvoorraad van 2020 zit al veel materiaal, namelijk circa 2.200 megaton. Bij verpakkingen is er geen voorraad en bij energietechnologieën is die nog gering.

Daarnaast verschilt de ontwikkeling van de voorraad tussen de productgroepen. Doordat verpakkingen veelal minder dan een jaar in gebruik zijn en daarna worden afgedankt, wordt er geen voorraad opgebouwd. Voor het energiesysteem wordt juist doelgericht volume opgebouwd in de jaren naar 2050. Het energiesysteem is in de opbouwfase, en bereikt niet voor 2050 de eindfase.

Hier wordt tot 2050 veel materiaal toegevoegd aan de voorraad. In het geval van woningen ook; in 2050 een uitbreiding van bijna een derde ten opzichte van het huidige volume.

### *Grote verschillen in het vrijkomen van materialen*

De omvang van vrijkomend materiaal verschilt sterk tussen de productgroepen. Er worden jaarlijks veel verpakkingen gebruikt, veelal eenmalig, die daarna worden afgedankt. Daardoor komt er bij verpakkingen relatief veel materiaal vrij.

Ook bij woningen komt er een substantiële hoeveelheid materiaal vrij bij sloop en verbouwing, maar die hoeveelheid is veel kleiner dan wat nodig is voor nieuwbouw. Door de lage omloopsnelheid van woningen duurt het vele decennia voor materialen vrijkomen. Bij de energietechnologieën komen de materialen ook pas op lange termijn beschikbaar, en er komen op dit moment nog maar weinig materialen vrij. Ter illustratie: batterijen zijn in het energiesysteem nu voor het eerst in opkomst. Daar komen nog geen grote hoeveelheden materiaal vrij.

### *Gebruik van duurzaam geproduceerde (bio)grondstoffen en secundair materiaal is momenteel klein*

In geen van de ketens van de productgroepen wordt op dit moment grootschalig gebruik gemaakt van circulaire materialen. Zonder aanvullend beleid zijn er weinig redenen om te veronderstellen dat daar grote verandering in komt. Bij woningen vullen biograndstoffen en secundair materiaal samen minder dan 3 procent van het totale materiaalgebruik in. Van de hoeveelheid gebruikte kunststof grondstoffen in verpakkingen is 7 procent recyclebaar en bij drankenkartons is dat 0 procent. Biogebaseerde kunststoffen vormen minder dan 1 procent van het materiaalgebruik in verpakkingen.

Ook bij energietechnologieën is het aandeel biograndstoffen laag, bijna 0 procent. Het gaat dan hoofdzakelijk om balsa, een hars voor rotorbladen. In 2020 zijn het staal, aluminium en koper zeker voor een deel van secundaire oorsprong, maar hoeveel is onbekend. Bij de andere materialen – te weten beton, glas voor de zonnepanelen, plastic, kunststofharsen – is er geen gebruik van secundaire materialen.

### *Vrijkomende materialen worden bijna niet gebruikt binnen de keten*

Bij de drie productgroepen worden vrijkomende materialen bijna niet opnieuw gebruikt. De materialen die vrijkomen – zoals kapotte zonnepanelen, sloopafval en weggegooid verpakkingen – worden nauwelijks opnieuw gebruikt in dezelfde toepassingen. Bij de bouw of renovatie van woningen worden vrijwel alle materialen die vrijkomen buiten de woningsector gerecycled. Slechts een klein deel wordt als secundair materiaal gebruikt binnen de sector. Een klein deel wordt helemaal niet gerecycled maar aangewend voor energiewinning. Vrijwel niets wordt gestort.

Hoogwaardige recycling binnen de sector is ook laag bij verpakkingen. Er wordt een klein deel in de verpakkingketen gerecycled. Slechts 7 procent van de plastic verpakkingen blijft in de keten – van de drankenkartons 0 procent. Ongeveer de helft van op de markt gebrachte verpakkingen gaat verloren, oftewel wordt verbrand. Er zijn grote verschillen tussen de producten. 54 procent van de kunststofverpakkingen en 67 procent van drankenkartons gaat na eenmalig gebruik verloren. De met statiegeld ingezamelde PET-flessen worden wel vaak hoogwaardig gerecycled in de keten.

Ook bij de energietechnologieën verdwijnt materiaal uit de productgroep. Glas van afgedankte zonnepanelen wordt toegepast als glaswol en het betongranulaat gaat naar de wegenbouw. De bladen van windturbines worden meestal opgeslagen of – in een uitzondering op het verbod op

verbranden van composieten – verbrand. Alleen voor metalen geldt een hoog percentage hoogwaardige recycling, en die worden binnen de sector ook weer toegepast.

#### *Er is een ongebruikte ('slapende') voorraad in het energiesysteem*

Opmerkelijk bij de energietechnologieën zijn de ongebruikte voorraden. Dit zijn bijvoorbeeld zonnepanelen die niet meer werken en wel blijven liggen op daken of opgesteld blijven in zonneparken. Ze functioneren niet meer, maar zitten nog niet in een afvalketen. Voor energietechnologieën is de relatieve omvang van de slapende voorraad groter dan bij woningen en verpakkingen. Door de huidige druk op de voorraad is de leegstand van woningen laag. De plastic tasjes die mensen nog in de keukenlade hebben liggen, tellen niet op tot een wezenlijk volume in de kringloop.

## 2.3 Spelers in de materiaalketen

#### *Grote verschillen tussen productgroepen in de organisatie van de keten*

De spelers en hun arrangementen wisselen sterk tussen de productgroepen. Voor woningen geldt dat in de verschillende fasen van de levenscyclus van een gebouw, en dus bij de materialeninzet, meerdere partijen betrokken zijn: van ontwikkeling en ontwerp tot toelevering van bouwmaterialen en (gespecialiseerde) uitvoering. De organisatie van de sector en de conjunctuurgevoeligheid maken de bouwsector als geheel risicomijdend, met een focus op kostenbeheersing. Marges zijn klein, en elke afzonderlijke partij probeert winst te maken. Tegenover enkele grote financiers, bouwbedrijven en materiaalproducenten, staan vele duizenden zzp'ers die het werk in de bouw uitvoeren, en miljoenen eigenaren en gebruikers van woningen.

De keten voor verpakkingen ziet er heel anders uit. Om te beginnen wordt die gekenmerkt door kort-cyclische producten. Er zijn in die korte cyclus veel overdrachtsmomenten van materiaal en veel verschillende actoren. De connectie tussen cruciale actoren ontbreekt. Het businessmodel voor bedrijven die verpakte producten op de markt brengen, is nauwelijks verbonden met de afvalfase van hun product. En omgekeerd is het ontwerp van verpakkingen vaak niet afgestemd op de recyclebaarheid van de verpakking, bijvoorbeeld wanneer laminaten worden toegepast.

## 2.4 Impact op klimaat, milieu en biodiversiteit, en leveringsrisico's van grondstoffen

#### *Toenemend materiaalgebruik leidt tot substantiële impact op klimaat*

Bij alle productgroepen is de broeikasgasuitstoot op dit moment aanzienlijk. Het gaat dan om de netto broeikasgasemissies gedurende de hele levenscyclus van het product, ongeacht waar de emissies plaatsvinden. Dit is anders dan in het klimaatbeleid, waar alleen de emissies binnen de Nederlandse grenzen tellen. Het klimaatbeleid, en het doelbereik van klimaatbeleid, is overigens een onzekere factor. Met deze onzekerheid is in de productgroepanalyses wisselend omgegaan.

In de nieuwbouw en verbouwwerkzaamheden van woningen is de productie van beton, ijzer & staal, aluminium en isolatiemateriaal verantwoordelijk voor de grootste uitstoot van broeikasgassen. Bij de verduurzaming van woningen zijn dit glas, ijzer & staal, en aluminium. De totale jaarlijkse broeikasgasemissies bij nieuw- en verbouwwerkzaamheden is ongeveer 6 megaton

CO<sub>2</sub>-eq in 2020. (Zie bijlage 4 voor toelichting op de analyse van de impact). Van deze emissies is 86 procent gerelateerd aan nieuwbouw, 8 procent aan verduurzaming van bestaande woningen, en 6 procent aan verbouwwerkzaamheden aan bestaande woningen. De prognose voor broeikasgasemissie in deze productgroep hangt niet alleen af van de aannamen voor nieuwbouw, renovatie en verduurzaming, maar ook van veronderstellingen voor klimaatbeleid. Zonder klimaatbeleid, en in hoge scenario's voor nieuwbouw kan de emissie oplopen tot 7 megaton CO<sub>2</sub>-eq in 2050.

Bij verpakkingen leidt de productie van primaire plastics en afvalverbranding tot de grootste hoeveelheid broeikasgasemissies, gevolgd door de productie van de verpakkingen. De inzameling, sortering en recycling hebben relatief lage broeikasgasemissies ten opzichte van andere stappen in de keten. De nettobroeikasgasemissies van de hele levenscyclus van de Nederlandse kunststofverpakkingen en drankenkartons bedraagt zonder klimaatbeleid 1,7 megaton CO<sub>2</sub>-eq in 2022. Dit loopt door demografie en economische ontwikkeling op tot 1,9 megaton in 2050. Bij een gunstigere energiemix in het productieproces komen de emissies iets lager uit.

Bij energietechnologieën lag de jaarlijkse broeikasgasemissie in 2020 op circa 2,6 megaton CO<sub>2</sub>-eq. De uitstoot is in werkelijkheid echter groter. Met name de bijdrage van batterijen is namelijk een onderschatting doordat in het verleden de focus lag op een onderdeel van batterijen (de kathodechemie) en niet op de materialen van de hele batterij. Met alleen klimaatbeleid neemt de broeikasgasemissie af tot 1,0 megaton CO<sub>2</sub>-eq per jaar in 2050.

#### *Gebruik van grondstoffen leidt tot specifieke milieueffecten voor verschillende producten*

Bij de verschillende producten treden ook andere milieueffecten op. Bij de energietechnologieën is dat humane toxiciteit, een generieke indicator voor milieueffecten van toxische stoffen in de keten. De belangrijkste bijdrage aan humane toxiciteit komt van koper, staal, ijzer en nikkel. De totale waarde komt in 2050 op 11,7 megaton 1,4 DCB-eq, waarbij zonnepanelen verreweg het grootste aandeel teweegbrengen.

Bij woningen bedraagt de totale milieukostenindicator (MKI) meer dan 500 miljoen euro in 2020 en die loopt op tot ongeveer 900 miljoen euro in 2050. Isolatiemateriaal heeft daarin een relatief groot aandeel; met slechts 1 procent van de materiaalintensiteit, draagt het gemiddeld 10 procent bij aan de milieukosten. Meer dan helft van de totale milieukosten in 2050 bij woningen komt door verduurzaming van woningen.

Bij verpakkingen komt een deel van het afval in openbare vuilnisbakken terecht of wordt zwerfafval. Het grootste deel hiervan wordt later wel ingezameld en verbrand. Een deel blijft zwerfafval. De kunststofverpakkingen zijn bovendien momenteel een van de grootste bronnen van de directe uitstoot van microplastics naar het milieu. In 2017 ging naar schatting ongeveer 1,2 miljoen kilogram aan microplastics verloren tijdens productie, gebruik en recycling van kunststof; die kwamen terecht in het milieu. Dit is 25 procent van de totale directe uitstoot van microplastics in Nederland.

#### *Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) zorgen voor problemen*

ZZS zijn stoffen die gevaarlijk zijn voor mens en milieu. Bij de productgroep woningen spelen ZZS vooral, maar niet uitsluitend, in de voorraad. ZZS zijn in allerlei bouwmaterialen aanwezig, zoals brandvertragers in kunststoffen of isolatie en kwartsstof dat vrijkomt bij het verwerken van steenachtig materiaal. Sommige ZZS zijn al jaren verboden, maar nog in de materiaalvoorraad

aanwezig. Asbest is daar wellicht het bekendste voorbeeld van. Blootstelling aan ZZS kan zowel bij de productie (bijvoorbeeld kwartsstof), tijdens het gebruik (bijvoorbeeld uitdamping van formaldehyde uit spaanplaat) als bij de verwerking (bijvoorbeeld vervuiling van staalschroot met chroom 6) van het materiaal plaatsvinden. Doordat de schadelijke stoffen aanwezig zijn in afvalstromen zijn de materialen moeilijker te recyclen en hergebruiken.

In de productgroep verpakkingen komen ZZS in het productieproces al voor, bijvoorbeeld als additieven in het productieproces om de eigenschappen van kunststoffen te verbeteren. Daarnaast kunnen stoffen aanwezig zijn die niet opzettelijk zijn toegevoegd maar ontstaan door chemische reacties tijdens de productie, het gebruik of de recycling van verpakkingen. De aanwezigheid van zowel opzettelijk toegevoegde als niet-opzettelijk toegevoegde stoffen leidt tot specifieke uitdagingen en kansen. Ze bepalen mede de kwaliteit en dus de toepassingsmogelijkheden van recyclelaar, zowel vanuit technisch perspectief als vanuit veiligheidsperspectief (dit speelt vooral voor voedselcontactmaterialen).

Energietechnologie bevat ook ZZS, in de verschillende producten variërend van zware metalen (bijvoorbeeld lood, cadmium, kobalt), weekmakers zoals ftalaten, en brandvertragers (met bijvoorbeeld broomverbindingen). De emissie van ZZS door productie vindt veelal in het buitenland plaats. Binnen Nederland vindt de emissie vooral tijdens het gebruik en aan het einde van de levensduur plaats. Veel energie-installaties zijn echter nog niet in de eindfase aangekomen.

#### *De grootste impact op biodiversiteit hangt samen met staal in windturbines en met hout in woningen*

Landgebruik is een belangrijke oorzaak van verlies aan biodiversiteit. Dat heeft met name te maken met de winning en productie van grondstoffen. Bij de energietechnologieën gaat het vooral om materialen die nodig zijn in windturbines, ijzer en balsa; die hebben via landgebruik een grote impact op de biodiversiteit. Bij de productgroep woningen heeft de bosbouw van hout grote gevolgen voor het landgebruik en de biodiversiteit. Voor verpakkingen is de biodiversiteitsimpact niet kwantitatief geanalyseerd.

#### *Leveringszekerheid staat onder druk*

De energietechnologieën zijn afhankelijk van kritieke en strategische metalen. Dit zijn metalen waarvan de leveringszekerheid niet gegarandeerd is, nu of in de toekomst. Er zijn bijvoorbeeld risico's voor de levering van kobalt en neodymium. Leveringsrisico's komen onder andere door een lange doorlooptijd voor het opschalen van bestaande en het openen van nieuwe mijnen, door zorgen rond negatieve effecten van mijnbouw, door ingewikkelde tussenleveranties en doordat de winning of verwerking slechts in een beperkt aantal landen plaatsvindt. Grote delen van de productieketens voor energietechnologieën bevinden zich in China; Europa is daardoor voor de energietransitie sterk afhankelijk van China. Om die afhankelijkheid van andere landen te verminderen wordt in Europa gewerkt aan het opzetten van regionale materiaalketens en innovaties.

Bij de productgroep verpakkingen heeft de internationale productieketen te maken heeft met geopolitieke ontwikkelingen. De beschikbaarheid van recyclelaar van voldoende kwaliteit en de beschikbaarheid van biomassa voor biogebaseerde kunststoffen zijn daardoor op termijn onzeker. Leveringszekerheid is verder niet geanalyseerd. Ook voor de productgroep woningen is de leveringszekerheid niet geanalyseerd. Dat wil niet zeggen dat er in deze productgroepen geen leveringsrisico's zijn. Zo is het gebruik van het strategische metaal koper in woningen gangbaar, en is de levering niet gegarandeerd.

## 3. Veranderingen in grondstoffen en effecten door circulariteit

In dit hoofdstuk beschrijven we hoe het gebruik van grondstoffen verandert door 'circulariteit', en wat de effecten daarvan zijn. Dat doen we op basis van de resultaten uit een scenario voor 2050 dat door het team van een productgroepanalyse is ontwikkeld voor 2050. Dit scenario noemen we een 'circulair scenario'. We beginnen hieronder met een toelichting op het circulaire scenario en de circulariteitsstrategieën. Daarna beschrijven we in de eerste paragraaf welke van de circulariteitsstrategieën de grootste bijdragen leveren. Vervolgens gaan we in op de effecten van alle strategieën samen op het gebruik van grondstof. Daarna beschrijven we de impact van dat gebruik op klimaat, milieu, biodiversiteit. Ten slotte beschrijven we veranderingen in leveringsrisico's.

### *Circulair scenario en circulariteitsstrategieën*

De teams van de productgroepanalyses hebben voor hun berekeningen een circulair scenario ontwikkeld en gekeken naar aandelen van de circulariteitstrategieën en de effecten daarvan. De circulariteitsstrategieën zijn: vraagvermindering, levensduurverlenging, recycling, en vervanging van fossiele grondstoffen en mineralen door biograndstoffen. Voor de invulling van het circulaire scenario is met literatuuronderzoek en expert *judgement* gekeken naar zowel technische (ontwerp)mogelijkheden als aandelen van de circulariteitsstrategieën.

We kunnen de effecten niet tussen de productgroepen vergelijken. In de drie afzonderlijke productgroepanalyses zijn namelijk verschillende uitgangspunten gekozen en aannamen gemaakt voor de ontwikkeling tot 2050, voor de invulling van de circulariteitsstrategieën en voor het circulaire scenario (zie bijlage 1, 2 en 3 voor de aanpak in de verschillende productgroepen). De aanpak is in grote lijnen wel steeds dezelfde doordat steeds is gekeken naar het effect van de circulariteitsstrategieën ten opzichte van een trend naar 2050 (zonder extra circulariteit). De effecten van de circulariteitsstrategieën moeten dan ook worden gezien in de context van gemaakte keuzes in de specifieke productgroepanalyse.

### 3.1 Verandering van grondstofgebruik bij afzonderlijke strategieën

#### *Verminderen van vraag leidt tot veel materiaalbesparing*

De afzonderlijke circulariteitsstrategieën – verminderen van de vraag, levensduurverlenging, recycling en vervanging door biograndstoffen – hebben verschillende effecten op het grondstoffengebruik en daarmee op het milieu en de leveringszekerheid.

Minder vraag naar producten leidt bij alle drie de productgroepen – niet geheel verrassend – tot veel minder grondstoffengebruik. Verminderen van de vraag is bij energietechnologie bijvoorbeeld een kleinere vraag naar elektriciteitsopwekkingscapaciteit door meer import van elektriciteit.. Bij woningen gaat het bijvoorbeeld om splitsen of delen van woningen, transformeren van bedrijfsgebouwen naar woningen of het optoppen.

Bij de productgroep verpakkingen kan verminderen bijvoorbeeld gaan om het weglaten van onnodige verpakkingen, het lichter maken van verpakkingen door loze ruimte te verminderen, of om een ander, materiaalbesparend, ontwerp. Experts die zijn bevestigd, voorzien weinig potentieel voor het weigeren van verpakkingen, en dat is dan ook maar beperkt meegenomen in de analyse. Minder vraag naar verpakkingen (als afzonderlijke strategie) levert 35 procent primaire materiaalbesparing.

#### *Levensduurverlenging heeft ook een substantieel effect*

Naast verminderen heeft levensduurverlenging ook een groot effect op het terugdringen van het grondstoffengebruik. Bij de energietechnologieën is dit positieve effect vooral pas na 2050 te verwachten, voorbij het zichtjaar van de analyse. Bij windturbines wordt de levensduur namelijk meer dan verdubbeld tot een levensduur van 60 jaar. Levensduurverlenging levert bij verpakkingen 20 procent materiaalbesparing. Het gaat dan om met name hergebruik van drankflessen. Voor woningen is levensduurverlenging niet gemodelleerd.

#### *Recycling heeft een klein effect, maar niet bij de productgroep verpakkingen*

Recycling kan tot 2050 bij de productgroepen energietechnologie en woningen maar beperkt helpen om het gebruik van primaire materialen te verdringen. De hoeveelheid vrijkomende materialen blijft nog enige tijd gering vergeleken bij het gebruik. Bij energietechnologie heeft het inzetten op recycling in de productieketen wel een direct en groot effect op specifieke materialen zoals zilver. Zilver is nodig voor zonnepanelen en daarvan is de levering niet gegarandeerd. Bij de productgroep woningen kan recycling binnen de keten weliswaar enkele megatonnen aan materiaal opleveren, maar die megatonnen komen toch slechts neer op ongeveer een vijfde van de hoeveelheid die nodig is. Voor verpakkingen ligt de potentie van recycling tot 2050 beduidend hoger. Recycling kan daar bijna 40 procent van het gebruik van primaire grondstoffen verminderen in 2050.

#### *Vervanging door biograndstoffen is klein*

Voor zowel energietechnologie als voor woningen verwachten de experts dat het aandeel biograndstoffen klein blijft ten opzichte van de primair conventionele materialen. Bij verpakkingen zijn biograndstoffen het alternatief voor de restvraag, na inzet van de andere circulaire strategieën. De potentiële beschikbaarheid van biograndstoffen is beperkt en onzeker.

## 3.2 Effecten van circulariteit op grondstoffen

#### *Sterke demping van het grondstoffengebruik door inzet op alle circulariteitsstrategieën*

Wanneer alle circulariteitsstrategieën worden toegepast, is het grondstoffengebruik bij alle drie de productgroepen in 2050 substantieel lager dan in de trend die nu gaande is bij alle productgroepen. Bij de energietechnologieën is er een trend van flink toenemend grondstoffengebruik. Deze groei is flink lager als ingezet wordt op circulariteit. Desondanks groeit het jaarlijkse grondstoffengebruik in energietechnologieën (sterk) in dit scenario. Bij de productgroep woningen daalt het gebruik van materiaal in 2050 met meer dan de helft in het circulaire scenario. En bij verpakkingen wordt in het circulaire scenario 67 procent minder primaire grondstoffen gebruikt in 2050 (van 0,25 megaton naar 0,15 megaton). Vooral voor de niet-contactgevoelige vormvaste verpakking worden dan minder primaire grondstoffen gebruikt.



## 3.3 Effecten op klimaat, milieu, biodiversiteit

### *Impacts op klimaatverandering nemen af*

Door alle circulariteitsstrategieën toe te passen, neemt de broeikasgasemissie in alle drie productgroepen af. Bij de energietechnologieën is de cumulatieve uitstoot in een circulaire economie circa 7 procent (voor windmolens) tot circa 40 procent (voor batterijen) minder groot dan bij voortzetting van de huidige trend tot 2050. In de productgroep woningen halveert de broeikasgasemissie in 2050 ten opzichte van 2020. En bij verpakkingen ligt de broeikasgasemissie in 2050 ongeveer 60 procent lager dan in de trend. Dat komt vooral door de lagere productie van primaire materialen. De meeste broeikasgasemissies zijn bij verpakkingen afkomstig van de productie van primaire materialen, gevolgd door verbranding. Productie van de verpakkingen komt op de derde plek. Zelfs als de mate en complexiteit van recycling hoog is, blijven de emissies laag. Recycling kost minder energie dan de productie van primair materiaal, en door recycling vindt ook minder verbranding van afval plaats.

### *Ook andere impacts nemen af door de circulariteitsstrategieën*

Ook de negatieve effecten op het milieu en de biodiversiteit nemen af. Door de circulariteitsstrategieën is de impact op het milieu van de productgroep woningen in 2050 ongeveer vergelijkbaar met nu, terwijl er in 2050 wel aanzienlijk meer mensen zijn gehuisvest. Het effect van woningbouw op het landgebruik en daardoor op de biodiversiteit, daalt in 2050 door circulariteitsstrategieën tot onder de trend. Dit heeft te maken met de lagere nieuwbouwaantallen en het hoge percentage recyclen van hout voor (energie)renovatie. Landgebruiksverandering voor de energietechnologieën neemt door circulariteit in 2050 met 5 procentpunt af ten opzichte van de trend.

De circulariteitsstrategieën kunnen dus positieve effecten hebben op het klimaat, milieu en de biodiversiteit. Maar het kan ook voorkomen dat strategieën positieve gevolgen hebben voor het klimaat, maar een minder gunstige impact op milieu en biodiversiteit. Bij windturbines heeft bijvoorbeeld de productie van balsa, een biograndstof, een groot effect op landgebruiksverandering en daardoor op biodiversiteitsverlies. Balsa wordt gebruikt in de windturbinebladen. Een ander voorbeeld is het gebruik van biograndstoffen voor verpakkingen. Biograndstof kan een belangrijke rol spelen in het terugdringen van fossiele grondstoffen en broeikasgasemissies van de kunststofsector. Dat leidt doorgaans tot een lagere uitstoot van broeikasgassen. Maar biograndstoffen vragen land voor de teelt en dat landgebruik kan negatieve gevolgen hebben biodiversiteit. Deze impact is kleiner wanneer afvalstromen als biograndstof worden gebruikt, bijvoorbeeld reststromen uit landbouw en bosbeheer, en groenafval van huishoudens en industrie.

### *De impacts op klimaat en milieu nemen niet evenredig af met minder materiaalgebruik*

Door circulariteit nemen de effecten af van grondstofgebruik op klimaat, milieu en biodiversiteit. De vermindering van het grondstoffengebruik gaat niet gelijk op met het effect op klimaat, milieu en biodiversiteit. Zo neemt door circulariteit het materiaalgebruik voor batterijen af met 33 procent en neemt het effect op klimaat meer af, te weten met 40 procent. Bij windmolens is er door circulariteitsstrategieën 19 procent minder materiaalgebruik en neemt het effect op klimaat minder af, namelijk met 7 procent.

### *Conventionele materialen blijven zorgen voor impact*

Minerale grondstoffen blijven nodig, voor bijvoorbeeld de productie van beton en staal. Ze dragen bij aan een aanzienlijke resterende impact op klimaat, milieu en biodiversiteit, als het productieproces zelf niet verder verduurzaamd wordt.

## 3.4 Leveringsrisico's

### *Meer leveringszekerheid door circulariteit*

Alle drie de productgroepen maken onderdeel uit van internationale ketens die te maken hebben met geopolitieke ontwikkelingen. De productie en het gebruik van producten in Nederland kunnen dus niet tot stand komen zonder importen uit het buitenland. De ketens zijn daardoor gevoelig voor geopolitieke ontwikkelingen en daarmee gepaard gaande leveringsrisico's.

De circulariteitsstrategieën leiden tot substantieel lager materiaalgebruik en verminderen daarmee de leveringsrisico's voor de economie. Zuiniger omgaan met materialen maakt de economie minder kwetsbaar. Daarnaast kunnen materialen in een circulaire economie worden geleverd door Nederlandse en Europese markten voor recycling, reparatie en *refurbishment*, waardoor de afhankelijkheid van China en andere verre of niet-Europese landen afneemt.

Bij de productgroep energietechnologieën is het effect van circulariteitsstrategieën op verbeterde leveringszekerheid aanzienlijk. Het gebruik van materialen waarvoor er leveringsrisico's zijn, halveert bijna in batterijen en zonnepanelen. Dit betreft het gebruik van de strategische metalen koper en nikkel, en het gebruik van kritieke metalen, zoals gallium en dysprosium. Voor zonnepanelen is het gebruik van strategische en kritische materialen door circulariteit respectievelijk 42 procent en 54 procent lager dan in de trend. Door minder vraag en recycling neemt de metaaldepletie (oftewel het gebruik van primair metaal ten opzichte van de jaarproductie van dat metaal) af met 38 tot 87 procent.

## 4. Belemmeringen

In dit hoofdstuk beschrijven we met welke belemmeringen de drie productgroepen te maken hebben als ze op een circulaire manier willen gaan werken. We kijken eerst in hoeverre circulariteit in de drie productgroepen prioriteit heeft. Vervolgens gaan we in op tekortkomingen in de markt en ten slotte in het beleid.

### 4.1 Prioriteit van circulaire economie

#### *Andere opgaven en belangen krijgen prioriteit*

In de praktijk krijgt circulaire economie niet de hoogste prioriteit bij ontwikkelingen in de drie productgroepen. Maatschappelijke opgaven zoals meer schone energie, meer huisvesting, en voedselveiligheid krijgen momenteel meer aandacht dan de transitie naar de circulaire economie. Daarnaast spelen betaalbaarheid en kostenbeheersing een belangrijke rol in de maatschappelijke discussies.

Bij de productgroep energietechnologieën is er bij overheden en ondernemers meer aandacht voor innovaties en investeringen voor de energietransitie dan voor circulaire economie. Ze zijn er op gericht om op korte termijn zo goedkoop mogelijk elektriciteit te produceren en opslagcapaciteit in batterijen te creëren. Daardoor is er bijvoorbeeld weinig aandacht voor de circulaire strategie om de levensduur van materialen en producten te verlengen. Voor de energietransitie is het bijvoorbeeld nodig om met zonnepanelen zo snel mogelijk vermogen en capaciteit op te bouwen. Zonnepanelen met een lager rendement worden dan vervangen, zodra er panelen beschikbaar zijn die hoger rendement hebben en financieel meer opleveren. Er is wel aandacht voor recycling en hergebruik als dit voor de klimaatopgave een mogelijkheid is om leveringsrisico's te beperken.

Ook in de woningsector krijgen andere opgaven voorrang. Ten eerste zorgt het huidige woningtekort in Nederland voor een grote woningbouwopgave. De beleidsambitie is om 900.000 woningen te bouwen in de periode tot 2030. Ten tweede liggen er de ambities uit het Klimaatakkoord die zijn gericht op verduurzaming van de woningvoorraad. Om deze twee opgaven aan te pakken kunnen de circulariteitsstrategieën wel ingezet worden, maar het draait in eerste instantie om de bouw- en klimaatopgaven zelf.

Bij de productgroep verpakkingen heeft voedselveiligheid een grotere prioriteit dan circulariteit. Een zorg bij het toepassen van kunststof recycalaat is namelijk het risico voor de voedselveiligheid. Uit voorzorg heeft de EFSA (Europese autoriteit voor voedselveiligheid) een voedselveiligheidsnorm gesteld dat gerecyclede voedselverpakkingen grotendeels moeten bestaan uit gebruikte voedselverpakkingen die niet zijn ingezameld met ander afval. Op dit moment wordt vooral gerecycled PET opnieuw toegepast in contactgevoelige verpakkingen. Gerecycled PET is voor een groot deel afkomstig van statiegeldflessen, dus uit een relatief schone, goed gescheiden stroom. PP en PE worden wel gerecycled maar gebruikt in andere toepassingen dan verpakkingen omdat het moeilijk is om te voldoen aan de voedselveiligheidsnorm. Een belangrijke maatschappelijke vraag is welke veiligheidsmarge nodig is om de voedselveiligheid te kunnen garanderen en tegelijkertijd het sluiten van ketens niet te belemmeren.

## 4.2 Marktomstandigheden voor circulariteit

De huidige markt is niet ingericht op circulariteit. Er spelen diverse omstandigheden in de markt die een ontwikkeling naar een circulaire economie bemoeilijken.

### *Markten en ketens zijn internationaal en complex*

Productiekeuzes van bedrijven over de hele wereld werken door tot in de Nederlandse supermarkt, op de bouwplaats en het windmolenpark op zee. De winning van grondstoffen en de productie van materialen, onderdelen en producten vinden plaats over de hele wereld; die productieketens gaan dus over vele landsgrenzen heen.

De productieketen voor verpakkingen is een internationale keten die te maken heeft met internationale ontwikkelingen zoals de grote aanvoer van goedkope nieuwe kunststoffen uit Azië en Amerika. Ook wordt de prijs van zowel primair materiaal als recyclaten voor verpakkingen op de wereldmarkt bepaald. Daarnaast komen er verpakkingen Nederland binnen doordat Nederland verpakte producten importeert. Voor woningbouw en verduurzaming van de woningen komt circa een derde van de materialen uit het buitenland.

Ook bij de energietechnologieën komen veel materialen en producten uit het buitenland. De materiaalstromen zijn internationaal van aard en verbonden in complexe handels- en productieketens. De productie van zonnepanelen wordt door China gedomineerd en de marktaandeelen van India en de Verenigde Staten nemen toe. En net als bij verpakkingen worden autobatterijen vaak niet geïmporteerd als apart product. Zo komt een autobatterij mee met de import van de auto. Ook in de windenergiesector is China een grote speler. Nederlandse bedrijven zien een risico dat er een verdere verschuiving komt naar Chinese producten omdat Chinese producenten overheidssteun krijgen en daardoor lagere prijzen kunnen bieden.

### *Circulaire oplossingen zijn vaak duurder en kostenbeheersing staat voorop*

Bij de drie productgroepen zit kostenbeheersing circulaire oplossingen in de weg. Kostenbeheersing speelt in alle schakels van alle ketens van de productgroepen een hoofdrol. Bedrijven kopen kwalitatief goede grondstoffen en producten veelal zo goedkoop mogelijk in. En vaak is de prijs van de circulaire oplossing nu nog hoger dan die van de lineaire oplossing.

De huidige relatief hoge prijs van recyclaten en biograndstoffen wordt als een belangrijke belemmering gezien. Mede hierdoor heeft bijvoorbeeld recycling van veel verpakkingen een matige businesscase en blijven investeringen in recycling achter.

Bedrijven zouden recycling en levensduurverlenging in het huidige systeem te kostbaar vinden. Investerings in betere inzamel- en retourssystemen voor batterijen komen er niet omdat er slechts een matige businesscase voor recycling is. De opbrengst van teruggewonnen lithium uit batterijen kan bijvoorbeeld de kosten van het terugwinnen niet dekken. De businesscase voor levensduurverlenging van producten – door bijvoorbeeld reparatie of hergebruik – is nog lastiger rond te krijgen doordat hergebruik en reparatie complex en duur zijn en veel expertise en arbeid vragen.

De windenergiesector wordt sterk gedreven door het aanbestedingsbeleid dat gericht is op goedkoop maximaliseren van energieproductie. Deze manier van aanbesteden werkt stimulerend voor de klimaatmissie, maar is belemmerend voor de circulariteitsstrategieën omdat deze veelal nog relatief duur zijn.

### *Ontwerp van producten niet geschikt voor circulariteit*

Veel van de huidige producten leveren problemen op bij het hergebruiken, repareren of recyclen. De producten zijn niet ontworpen voor circulariteit; de ontwerpen zijn erop gericht om het product 'nu' goed te laten presteren, en niet op reparatie of het herbenutten van materiaal na de gebruiksfase. Autobatterijen zijn bijvoorbeeld diep in de auto geïntegreerd, en de afzonderlijke batterijcellen zijn niet los te vervangen of te repareren. Verpakkingen waar zeer zorgwekkende stoffen in zitten, zijn niet recyclebaar. Verlijmd zonnepanelen of toxische stoffen in de zonnepanelen belemmeren de recycling. Huizen die tientallen jaren geleden zijn neergezet zijn nu lastig te demonteren tot losse deelproducten en materialen. En als woningen met purschuim worden geïsoleerd, is later het sloopafval verontreinigd met purschuim waardoor het moeilijker is te recyclen.

### *Weerbarstige praktijk*

Daarnaast blijkt de praktijk om tot een circulaire economie te komen weerbarstig om uiteenlopende redenen. Zo speelt bij energietechnologie dat de techniek zelf steeds verder wordt ontwikkeld. Door het streven naar hogere energiewaarde worden windturbines steeds groter, waardoor de onderdelen nog niet zijn gestandaardiseerd; dat betreft de hele keten, van bladen tot fundering en van productiehallen, tot installatiekranen op schepen. Daardoor is het lastiger om tot circulariteitsstrategieën te komen.

Bij de productgroep verpakkingen hebben ondernemers belangen bij de huidige (niet-circulaire) productie. Producenten en verkopers van kunststofverpakkingen zijn bijvoorbeeld gebaat bij meer verkoop van verpakkingsmateriaal. Ook zouden herbruikbare verpakkingen de marketingmogelijkheden beperken. Gestandaardiseerde herbruikbare verpakkingen zouden bijvoorbeeld geen herkenbare merken en logo's bevatten. Verder is een gestandaardiseerde verpakking niet geschikt voor de bescherming van elk product. Daarnaast zou er een innamestructuur voor herbruikbare verpakkingen moeten komen, wat niet past bij de huidige bedrijfsvoering.

Ten slotte speelt gedrag van burgers en bedrijven mee. Gebruikers sorteren hun afval niet perfect, en weten soms zelfs niet hoe en waar ze dat moeten doen. En bedrijven kiezen veelal wat ze gewend zijn bij het inkopen van grondstoffen en producten.

## 4.3 Overheidssturing

Er zijn diverse overheidsmaatregelen, maar ze zijn niet genoeg voor een volledig circulaire economie. In Nederland en Europa zijn programma's en maatregelen ter bevordering van een circulaire economie. Zo is er nationaal beleid zoals het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE), de Grondstoffenstrategie en zijn er uitwerkingen van Europese verplichtingen, bijvoorbeeld *Single Use Plastics* en de *Packaging and Packaging Waste Regulations*. En Europa heeft bijvoorbeeld een raamwerk voor indicatoren voor de circulaire bouw ontwikkeld en regisseert diverse programma's voor kennisontwikkeling, regelgeving voor bouw en financiering. De productgroepenanalyses laten echter zien dat er meer nodig is voor de transitie naar een circulaire economie.

### *Onvoldoende samenhangende aanpak voor circulaire materiaalstromen*

De huidige beleidsaanpak heeft voor de productgroepen nog onvoldoende samenhang. Bij iedere productgroep zijn er wel onderdelen waarvoor doelen zijn vastgesteld die bijdragen aan het meer circulair omgaan met grondstoffen. Maar de prikkels die deze doelen geven zijn nog niet gericht op

alle relevante circulariteitsstrategieën in de hele keten. Zo wordt in de woningbouw gewerkt met de milieuprestatie voor gebouwen (MPG), maar deze biedt geen stimulans voor kleiner bouwen terwijl daarvoor wel minder materiaal wordt gevraagd. Over batterijen staat in de *European Battery Directive* uit 2023 dat percentages van specifieke materialen moeten worden teruggewonnen, maar hier is geen overzicht van waardoor er niet op wordt gestuurd. En in de UPV verpakkingen is wel de verantwoordelijkheid voor recycling belegd maar niet het toepassen van het recycleaat in nieuwe verpakkingen. Hierdoor verdwijnt recycleaat uit de keten, en blijft de toepassing van recycleaat in verpakkingen achter. Bij windturbinebladen is er geen stimulans voor het gebruiken van relatief dure recyclebare bladen (driemaal duurder dan doorsneebladen) waardoor de recyclebare bladen niet worden toegepast. Verder geldt voor windturbinebladen in principe een verbrandingsverbod voor composieten, maar is tegelijkertijd een uitzondering van kracht waar de sector gebruik van maakt.

#### *Weinig of geen aandacht voor circulariteit in vergunningen en aanbestedingen*

Bij vergunningen en aanbestedingen door overheden is nog weinig aandacht voor een circulaire economie. Overheden zouden bij aanbestedingen of het geven van vergunningen kunnen letten op de mate waarin het product circulair is, maar hier is nog nauwelijks sprake van. De aandacht voor circulariteit bij de aanbesteding van bijvoorbeeld windenergie, is dermate beperkt dat het nog geen wezenlijk aspect van de gunning is. De windenergiesector wordt sterk gedreven door het aanbestedingsbeleid dat gericht is op goedkoop maximaliseren van de energieproductie. Deze manier van aanbesteden werkt stimulerend voor de klimaatmissie maar is belemmerend voor circulariteit omdat de strategieën voor circulariteit veelal duurder zijn. Daarnaast sluit de periode van een vergunning voor een windpark of zonnepark vaak niet aan bij de economische en technische levensduur van de windturbine of zonnepanelen. Vergunningsduur is bijvoorbeeld afgestemd op de duur van de subsidie of gericht op innovaties voor de klimaatmissie. Ook bij vergunningverlening voor woningen zijn er wel (beperkte) eisen over het gescheiden aanleveren van sloopafval maar speelt circulariteit verder nauwelijks een rol.

#### *Bestaande kaders reiken niet ver genoeg om transitie te versnellen*

In elk van de drie productgroepen zijn de normering en de standaardisering van producten op dit moment nog niet voldoende dwingend voor een circulaire economie. De regels zijn nog onvoldoende streng in norm of tarief om wezenlijk effect te hebben. Anders gezegd: in algemene zin bieden de huidige beleidskaders nog voldoende ruimte aan lineaire praktijken. De huidige afvalbeheersbijdrage voor verpakkingen is bijvoorbeeld doorgaans verwaarloosbaar klein ten opzichte van de verkoopprijs van het product. Daardoor blijft het lineaire product relatief goedkoop ten opzichte van het circulair product. Ook de huidige regels in de woningbouw voor de Milieuprestatie Gebouwen (MPG) en de Milieukostenindicator (MKI) kunnen wel voor meer efficiëntie zorgen, maar zorgen (nog) niet voor een omslag naar radicaal ander grondstoffengebruik.

Ook als de kaders er wel zijn, leidt dat niet altijd tot circulair gedrag. Zo wordt de Europese richtlijn voor overmatige verpakking niet gehandhaafd. En leidt de uitzondering op het verbrandingsverbod van composieten ertoe, dat turbinebladen niet gerecycled worden. Soms kunnen de kaders van het beleid zelfs tegen circulariteit inwerken. Zo is de vergunningsduur van een windmolenpark vaak zo kort (circa 20 jaar) dat windmolens vroegtijdig worden gesloopt en het zeker geen mogelijkheid biedt voor het verlengen van de levensduur van de windmolens door reparatie of *refurbishment*.

## 5. Aanknopingspunten voor beleid

Bij de drie productgroepen staat de transitie naar een circulaire productie nog in de kinderschoenen. In dit hoofdstuk beschrijven we welke inzichten dit oplevert en wat de aanknopingspunten zijn voor beleidsmakers, uit de drie productgroepenanalyses. We geven hier vooral aan waar mogelijkheden voor de Rijksoverheid en de politiek liggen om de transitie naar een circulaire economie te bevorderen.

Een centraal inzicht is dat de transitie naar de circulaire economie een Rijksoverheid nodig heeft die belang hecht aan circulaire economie, en concreet beleid uitwerkt. De onderstaande aanknopingspunten bieden in alle drie de productgroepen meerwaarde voor uitwerking in beleid.

1. Koppel circulariteit aan andere opgaven/vraagstukken/ambities
2. Maak producten geschikt voor circulariteit.
3. Zet in op alle circulaire oplossingen
4. Specifieke productgerichte beleidsaandacht nodig.
5. Zet in op beschikbaarheid van data en informatie

Deze vijf punten worden in de onderstaande paragrafen nader toegelicht.

### 5.1 Verbinding van circulariteit aan andere ambities

*Meer aandacht nodig voor circulariteitsstrategieën om maatschappelijke doelen te halen*

In de praktijk krijgt de transitie naar een circulaire economie minder aandacht van ondernemers en overheden dan andere opgaven. De aandacht in de maatschappij gaat naar de bouw van meer huizen, meer windmolens, en zoveel mogelijk hernieuwbare elektriciteit tegen de laagste kosten. Hierbij wordt nog weinig aandacht geschonken aan de circulariteitsstrategieën.

Dat is een gemiste kans. Inzetten op de circulariteitsstrategieën brengt het behalen van de maatschappelijke opgaven en doelen dichterbij. Zo zijn minder broeikasgasemissies en kleinere leveringsrisico's haalbaar door de circulariteitsstrategieën toe te passen voor de woningbouwopgave, zonnepanelen, windmolens, batterijen en verpakkingen. Bij de woningbouwopgave wordt in de praktijk vooral gedacht aan nieuwbouw, maar het doel van huisvesting komt ook dichterbij door te kijken naar circulaire opties. Circulaire opties zijn bijvoorbeeld het splitsen en delen van woningen en het transformeren van andere gebouwen naar woningen. Deze opties vragen veel minder grondstoffen en zorgen voor minder broeikasgassen en leveringsrisico's. En het toepassen van de circulariteitstrategieën voor plastic verpakkingen – wat in de praktijk nog in beperkte mate het geval is – leidt tot een vier keer zo grote emissiereductie van broeikasgasemissies dan enkel het vergroenen van de energiemix voor de productie van plastic verpakkingen.

*Koppelen van circulariteit aan klimaat- en woningbouwambities is urgent*

Het loont om nú meer aandacht te schenken aan circulariteit. Momenteel worden veel investeringen gedaan voor de energietransitie, leveringszekerheid en huisvesting, zoals

investeringen in woningen, isolatie van woningen, zonnepanelen, windmolens en batterijen. Door bij deze investeringen meer aandacht te geven aan het grondstoffengebruik van deze investering, ontstaan kansen om de transitie naar een circulaire economie te bevorderen en de baten van minder materiaalgebruik (op termijn) te verzilveren. Er zijn namelijk minder materialen nodig als wordt gekozen voor vervangbare batterij-eenheden in auto's, recyclebare windmolenbladen, splitsen van woningen, losmaakbare onderdelen, en herbruikbare flessen. Het afgeven van vergunning voor een windmolenpark voor een langere periode bijvoorbeeld, maakt het voor de beheerder aantrekkelijker om de levensduur van de windmolens te verlengen door onderhoud en reparatie. Ook door standaardisatie van onderdelen van windmolens zijn ze beter te onderhouden en repareren.

Zonder additioneel circulaire-economiebeleid ontstaan door de woningbouwopgave en energietransitie een grote grondstoffenvraag en afvalproductie en schade aan klimaat, milieu en natuur en leveringsrisico's. Wanneer bij deze opgave en transitie eerder wordt gekozen voor een circulaire werkwijze – bijvoorbeeld door producten anders te laten ontwerpen – kunnen de klimaat- en woningbouwopgave worden aangepakt op een manier waarbij er minder impact is op biodiversiteit en milieu en er minder leveringsrisico's zijn voor grondstoffen en producten. Als een brede circulaire aanpak nu niet wordt meegenomen, is er een risico op verspilling van kostbare grondstoffen nu en in de toekomst.

## 5.2 Ontwerp van circulaire producten

### *Beleidsaandacht voor productontwerp is essentieel voor transitie*

Voor het ontwerpen van circulaire producten is aandacht van het beleid nodig. De meeste bedrijven gaan namelijk niet uit zichzelf hun producten geschikt maken voor circulariteitsstrategieën. Bij bedrijven geven andere belangen daar de doorslag, bijvoorbeeld kostenbeheersing, marketing en de bekendheid van de afnemer of consument met het product. Als de overheid de circulaire transitie wil versnellen zou ze producenten daarom moeten stimuleren en ondersteunen. De winst die een circulair product oplevert voor klimaat en leefomgeving wordt vaak pas op lange termijn geogost en de financiële winst voor het bedrijf kan ook lang op zich laten wachten, of wordt geïncasseerd door een andere producent in de productketen. Bovendien zijn de andere circulariteitsstrategieën lastig, zoals hergebruik, reparatie en recycling, als de overheid niet stuurt op ontwerp van circulaire producten.

Huidige producten zijn niet gemaakt voor circulariteit. Er is nog veel te winnen door het ontwerp van nieuwe producten, onderdelen of installaties geschikt te maken voor minder materiaalgebruik over de gehele levensduur. Zo bepaalt het ontwerp van verpakkingen het gemak waarmee verschillende soorten verpakkingen gesorteerd kunnen worden. Bij bijvoorbeeld de pakjes van knijpfruit is het erg lastig om de verschillende materialen waaruit de folie bestaat, weer los te krijgen. Scheiding is echter cruciaal voor de kwaliteit van het recyclaat en voor de businesscase voor recycling. Ditzelfde probleem speelt bij zonnepanelen waar recycling wordt belemmerd doordat materialen erg lastig zijn te scheiden. Voor batterijen geldt dat de levensduur kan worden verlengd als het ontwerp zodanig is dat individuele slechte batterijcellen vervangen kunnen worden. Bij diep in de auto geïntegreerde batterijpakketen of batterijen waarin de cellen onlosmakelijk zijn verbonden, is dat niet mogelijk.



## 5.3 Inzet op alle circulariteitsstrategieën

### *Meer hoogwaardige recycling nodig*

Recycling is een belangrijke strategie en kan de komende jaren in beginsel een grote bijdrage aan minder gebruik van primaire grondstoffen leveren. Er zijn echter nog wel wat hobbels om tot meer hoogwaardige recycling te komen. Voor meer hoogwaardige recycling is overheidssturing nodig. Bijvoorbeeld een materiaalgericht doel op de kwaliteit van recycalaat in plaats van alleen een percentage (kwantiteit) kan bijdragen aan meer hoogwaardige recycling van (kritieke) materialen. Dit geldt voor verpakkingen maar ook voor batterijen of zonnepanelen, en woningen. Schoner recycalaat maakt het gebruik van recycalaat makkelijker en verbetert de businesscase van hoogwaardige recycling.

De opbouw van het systeem voor hoogwaardige recycling is een gebalanceerd proces. Hiervoor is het nodig om nu te investeren in de recycling van de toekomst en hierop te sturen, bijvoorbeeld door recyclers van verpakkingen, in de lucht te houden of recycling van (de grote) batterijen te stimuleren. Ook is het nodig dat er aandacht is voor het uitfasen van producten die niet in een circulaire economie passen.

### *Combinatie van alle circulariteitsstrategieën nodig*

Inzet op meer hoogwaardige recycling is belangrijk maar niet voldoende. Inzet op alle circulariteitsstrategieën tezamen is essentieel om tot substantieel minder gebruik van primaire grondstoffen te komen. Bij alle productgroepen groeit de markt en de vraag naar materiaal. En bij alle productgroepen komt er niet voldoende recycalaat beschikbaar om de vraag naar grondstoffen voor productie in te vullen; ook niet bij een betere inzameling en hoge mate van efficiëntie in de recycling.

Momenteel bestaat bijvoorbeeld 7 procent van het materiaal in verpakkingen uit recycalaat. Meer hoogwaardige recycling in verpakkingen zal de vraag naar primair materiaal substantieel verlagen maar dan nog blijft meer dan de helft van de vraag naar primair materiaal over. Ook bij woningen is de grondstofbehoefte voor nieuwbouw veel groter dan wat gebouwd kan worden met vrijkomende materialen uit sloop van bestaande gebouwen. En de energietechnologieën zijn nog in de opbouwfase waardoor de vraag naar grondstoffen groter is dan wat er aan materialen vrijkomt uit afgedankte energietechnologieën. Vraagvermindering, levensduurverlenging en duurzame biograndstoffen zijn ook nodig om tot aanzienlijke verlaging van het grondstoffengebruik en de impact daarvan te komen.

## 5.4 Specifieke productgerichte beleidsaandacht

### *Differentiatie van beleidsaandacht nodig tussen én binnen productgroepen*

Onderscheid in beleid is nodig voor producten binnen een productgroep. In het NPCE is onderkend dat de verschillen tussen productgroepen beleidsaandacht vragen. Er zijn echter ook grote verschillen in producten en hun ketens binnen een enkele productgroep. Daarom is het van belang om te differentiëren in beleidsaandacht en beleid specifiek te richten op verschillende producten binnen een productgroep. Actoren, materialen, belemmeringen en oplossingen zijn specifiek voor producten binnen een productgroep. Bij woningen vraagt bijvoorbeeld isolatie van woningen van woningcorporaties een andere aanpak dan het oplossen van belemmeringen voor het splitsen van

woningen of het integreren van circulariteit bij nieuwbouw. En verpakkingen zijn dermate verschillend dat het meerwaarde heeft om in het beleid te letten op de verschillen van de verpakkingen in hun ketens. Zo zijn de belemmeringen bij een niet-hoogwaardig-recyclebare verpakking van knijpfruit anders dan die van een statiegeld PET-fles waar al een circulaire keten functioneert.

#### *Ook in productgericht beleid is ketenaanpak van belang*

De producten in een productgroep maken deel uit van een keten. Wanneer er iets verandert aan één schakel in de keten, heeft dat gevolgen voor de andere schakels in de keten. De Rijksoverheid zou daar bij het maken van beleid rekening mee moeten houden als ze de transitie naar een circulaire economie wil bevorderen. Hiervoor is een samenhangende aanpak nodig. Bijvoorbeeld door bij verpakkingen de beleidsinzet op een circulaire verpakkingketen te laten aansluiten bij beleidskeuzes over recyclingtechnologieën. Daarbij is van het beleid een integrale blik nodig op materiaalverlies en energievraag in de verpakkingketen, en is ook aandacht nodig voor de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen die recycling kunnen belemmeren. Chemische recycling kan hierbij – mits goed toegepast – een oplossing zijn om deze stoffen te verwijderen.

Bij de productgroep energietechnologieën zou de overheid bijvoorbeeld de vergunningsprocedure voor een windmolenpark kunnen aanpassen, zodat die aansluit bij de technische levensduur van de windturbine of fundering. Ook kan ze een afweging maken tussen standaardisatie en innovatie waarbij het belang van een circulaire economie wordt meegewogen, en ervoor zorgen dat circulariteit onderdeel is van de gunningscriteria.

Een voorbeeld van een ketenaanpak bij woningen is die van de Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB). In de NABB wordt uitgegaan van het functioneren van de keten op de lange termijn. Agrarische grondstoffen in elke stap van de keten krijgen beleidsaandacht, en nieuwe partners in de keten worden aan elkaar verbonden. Er worden regionale ketens van biograndstoffen op gang gebracht van teelt en verwerking, tot afzet en toepassing. Zo leren partijen met elkaar werken en kunnen nieuwe markten ontstaan voor biograndstoffen als bouw materiaal.

#### *Transitie gebaat bij maatwerk voor specifieke materialen in producten*

Het kan ook nuttig zijn om apart beleid te maken voor 'problematische' materialen of onderdelen. Soms nemen een of enkele materialen of grondstoffen, of een enkele processtap een groot deel van de negatieve impact op de leveringszekerheid of het milieu voor hun rekening. Voor zonnepanelen zijn bijvoorbeeld silicium zonnecellen nodig en Li-ionbatterijen kunnen niet zonder lithium en kathodematerialen. Dit zijn kritieke materialen met leveringsrisico's. Het materiaal balsap wordt gebruikt in windturbinebladen heeft een relatief groot effect op biodiversiteitsverlies en bij woningen is een relatief groot deel van de milieu-impact verbonden aan isolatiemateriaal.

Daarnaast zullen de drie productgroepen nog lang gebruik blijven maken van de conventionele materialen, zoals beton, staal en kunststoffen, ook wanneer ze de circulariteitsstrategieën meer gaan toepassen. Om de impact op het milieu en klimaat te verminderen is het daarom nodig de productie van deze materialen zelf te verduurzamen.

#### *Houd rekening met productieonderdelen in het buitenland*

De producten in de productgroepen maken onderdeel uit van internationale ketens. Delen van de productie zijn in het buitenland gevestigd en veel prijzen van grondstoffen en producten zijn

afhankelijk van de wereldmarkt. Recyclaten van verpakkingen moeten bijvoorbeeld concurreren met de import van goedkope nieuwe kunststoffen uit Azië en Amerika, innovaties van energietechnologieën zijn internationaal, en grondstoffen en producten voor de verschillende productgroepen komen deels uit het buitenland. Die internationale productieketens roepen dus de vraag op: waar heeft nationaal beleid meerwaarde en waar is inzet op EU-niveau nodig voor de transitie naar een circulaire keten?

Daarnaast is het voor het opschalen van de circulaire-economietransitie van belang om keuzes te maken over welke bedrijvigheid Nederland op nationaal niveau (of Europees niveau) wil stimuleren. De aanwezigheid van recyclingbedrijven in Nederland is op dit moment bijvoorbeeld niet vanzelfsprekend vanwege lastige marktomstandigheden.

In de energietechnologiesector zijn bedrijven sterk afhankelijk van kritieke metalen. Een gebrek aan deze materialen kan een rem zetten op de energietransitie volgens de geraadpleegde experts. Dit risico kan worden verminderd door meer materialen in Europa te recyclen, maar daarvoor is niet alleen een investering nodig in recycling, maar ook in de productie van bijvoorbeeld batterijen om de gerecyclede metalen te kunnen inzetten.

#### *Regionale inbedding van materiaalstromen*

Naast beleidsaandacht voor de internationale aspecten, is aandacht nodig voor de regionale aspecten van een productketen. Om de transitie naar een circulaire economie op te schalen is het belangrijk om nationaal beleid en regionale activiteiten en beleid goed op elkaar af te stemmen. In de verpakkingsketens zijn regionale actoren bijvoorbeeld belangrijk voor de inzameling en verwerking. En bij de woningbouw zijn het veelal partijen die op een regionale schaal bouwmaterialen hergebruiken. Daarnaast zijn regionale overheden aan zet waar het gaat om bijvoorbeeld vergunningen, handhaving, aanbestedingen en regionale (circulaire) economische ontwikkeling en vestigingsbeleid. Goede samenwerking is dus van belang.

## 5.5 Data en informatiebeschikbaarheid

In alle drie de productgroepanalyses komt naar voren dat beschikbaarheid van data en informatie van cruciaal belang is voor het efficiënter gebruik van grondstoffen.

#### *Ondernemers hebben behoefte aan transparantie en informatie, anders zijn circulaire oplossingen erg lastig*

Om materialen te kunnen hergebruiken, repareren en recyclen is betrouwbare informatie over het product of materiaal een vereiste. Het ontbreken van dit soort transparante en relevante informatie belemmert ondernemers. Als de informatie of de data al bestaan, ontbreken er vaak toegankelijke platforms waar de ondernemers de informatie vandaan kunnen halen, zijn de platforms onvoldoende bekend, sluiten de verschillende data niet op elkaar aan, of geven de data op de platforms onvoldoende zicht op (mogelijkheden) voor de circulariteitsstrategieën.

In de praktijk hebben ondernemers behoefte aan meer data en informatie. Ondernemers geven bijvoorbeeld aan sterke behoefte te hebben aan toegankelijke en gestructureerde gegevens over de levenscyclus en de resterende capaciteit van batterijen, om te kunnen beoordelen of hergebruik mogelijk is. Nu wordt dit hergebruik belemmerd door onduidelijkheid over de kwaliteit van een gebruikte batterij. Ook bij windmolens is meer en betere informatie over de bladen nodig om te kunnen bepalen wat de meest geschikte secundaire toepassing is. Bij verpakkingen zijn

betrouwbare data over recyclaat een vereiste voor het geven en krijgen van garanties op het recyclaat. Productgegevens in digitale vorm die gemakkelijker toegankelijk zijn bieden meerwaarde voor de transitie. Materiaalpaspoorten, milieudatabases van bouwmaterialen, digitale registratie voor bouwwerken, demontage-instructies en garantiebewijzen zijn voorbeelden van hoe dat kan werken.

#### *Overheid nodig voor betere informatieuitwisseling*

De overheid kan een belangrijke rol spelen in de benodigde informatieuitwisseling door bijvoorbeeld stimulering van een kennisinfrastructuur (zoals die bijvoorbeeld bestaat voor auto's met technische specificaties en garanties) en zou die informatieuitwisseling ook kunnen verplichten. Daarnaast kan de overheid zich inspannen om ervoor te zorgen dat er een systeem komt waarin het gebruik van grondstoffen in een keten wordt gemonitord, en hoe dat gebruik verschilt per circulariteitsstrategie. Vervolgens kan ze ervoor zorgen dat die data openbaar beschikbaar zijn. De huidige monitoringssystemen zijn niet toereikend. Bij batterijen valt levensduurverlenging bijvoorbeeld buiten de producentenverplichting en daardoor zijn de monitoringssystemen ook niet gericht op het meten van hergebruik, noch op de indicatoren die hergebruik kunnen faciliteren. En bij verpakkingen ontbreekt een beeld van schakels in de keten die buiten de wettelijke rapportageplicht vallen van de producentenverantwoordelijkheid.

# Referenties

Bletsis, A., J. van Bommel, S. Bours, A. van Hoorn, M. Kamps & J. van Oorschot (2024) Productgroep Analyse Woningen; Een eerste concept voor een Productgroep Analyse Aanpak voor de Monitoring en Sturing in de transitie naar een Circulaire Economie, Den Haag: TNO.

De Koning, A., R. Elzinga, R. Balkenende, R. Kleijn (2024), Productgroepanalyse hernieuwbare energietechnologie Werkpakket 6: Aangrijpingspunten voor beleid , Leiden: CML.

Spanbroek, N.M., S.A.M.J.V. Bours, E. van den Beuken, M. Pruijn (2024), Productgroep analyse kunststof verpakkingen en drankenkartons. RIVM Briefrapport 2024-0099, Bilthoven:RIVM.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2023), Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

# Bijlagen

## Bijlage 1 Hernieuwbare energietechnologie

*Toelichting Productgroepanalyse hernieuwbare energietechnologie Werkpakket 6: Aangrijpingspunten voor beleid*

*(De Koning, A., R. Elzinga, R. Balkenende & R. Kleijn, 2024)*

### *B1.1 Productgroep en materiaalketen*

De productgroep hernieuwbare energietechnologie bestaat uit windturbines, PV-panelen, batterijen. Voor elk van deze technieken zijn varianten op de markt. Bij batterijen worden de batterijen in elektrische auto's, wijkbatterijen en thuisbatterijen bedoeld. Op dit moment zijn dit veelal Li-ionbatterijen. Het maken van al die installaties vereist de inzet van onder meer diverse metalen, glas, plastic, beton, glasvezeldoek, kunsthars en balsa.

In 2019 wekten de energietechnologieën minder dan 10 gigawatt aan vermogen op, en daarin hadden windenergie op land en zonnepanelen op daken het grootste aandeel. Dat vermogen groeit naar verwachting door tot 150 à 270 gigawatt in 2050, waarbij windenergie op zee en zonnepanelen op land aan aandeel winnen.

Hernieuwbare energie is een van de belangrijkste pijlers onder het klimaatbeleid. Zonder omvangrijke uitbreiding van de productie van emissievrije energie, zijn zowel het tussendoel voor 2030 als ook het langetermijndoel voor 2050 buiten bereik. Voor beide doelen is Nederland gehouden aan internationale afspraken.

In het streven naar doelbereik voor de energietransitie spelen kosten en leveringszekerheid een grote rol. Dit heeft een 'wapenwedloop' gecreëerd waarin producenten kiezen voor schaalvergroting. Grotere windturbines zijn efficiënter en rendabeler. Een gevolg hiervan is de noodzaak tot continue uitbreiding en aanpassing van de infrastructuur (zoals installatieschepen en kranen) en productiecapaciteit (grotere productiehallen en machinerie) die moeilijk terugverdiend kunnen worden.

Een bijzonder aspect van de energietechnologieën is het toenemende afvalprobleem. Voor het afgedankte materiaal is geen goede oplossing. Vooral de turbinebladen zijn een aandachtspunt. Een ander bijzonder aspect is de inzet van kritieke materialen en strategische materialen in deze producten. Kritieke materialen zijn materialen waar een relatief hoog risico bestaat dat ze op korte termijn niet meer geleverd kunnen worden en waarbij het belang voor de maakindustrie in Europa relatief groot is. Strategische materialen zijn materialen waarvan de leveringszekerheid nu niet onder druk staat maar die in de toekomst wel minder beschikbaar kunnen worden door de sterk toenemende (wereld)vraag en de beperkte mogelijkheden om de winning uit te breiden. Kritieke materialen die gebruikt worden in de energietechnologieën zijn aluminium, kobalt, gallium, germanium, neodymium, praseodymium, dysprosium, lithium, magnesium, mangaan, silica metaal en tantaal. Daarnaast worden koper en nikkel gebruikt, wat strategische grondstoffen zijn.

### B1.2 Trend- en circulair scenario

De trend- en het circulaire scenario voor de productgroep energietechnologie zijn gebaseerd op de Integrale Energiesysteemverkenning 2030-2050 van Netbeheer Nederland. Daarin zijn twee belangrijke aspecten gecombineerd, namelijk de keuze tussen nadruk op regie door de overheid of juist vrije marktwerking, en de keuze tussen een meer regionaal producerende energietransitie of juist een meer internationale, import georiënteerde energievoorziening. De combinatie levert vier energiescenario's op.

In elk scenario wordt in 2050 een klimaatneutraal energiesysteem bereikt in Nederland. De consequentie is een snelle afbouw van het gebruik van fossiele energie en een forse toename van het gebruik van elektriciteit door industrie en consumenten. Per energietechnologie is niet onafhankelijk gewijzigd in het opgesteld vermogen omdat de omvang van de verschillende energietechnologieën met elkaar samenhangen.

In de trend geldt het gemiddelde van de 4 energiescenario's als uitgangspunt. Het circulaire scenario gebruikt het internationale scenario, waarbij het verminderd opgesteld vermogen onder de circulaire strategie verminderen is geboekt. Het circulaire scenario bestaat daarnaast uit wijzigingen over de gemiddelde werkzame levensduur, het marktaandeel en de fysieke samenstelling van de producten boven op de trend.

Cruciaal voor de schatting van het volume aan materialen dat nodig is voor de opbouw van het energietechnologiesysteem zijn gegevens over: de gemiddelde werkzame levensduur van de producten, het marktaandeel van verschillende producten, de fysieke samenstelling van de producten, de historische (voor 2020) capaciteitsopbouw, en het percentage van het vrijkomende materiaal dat hoogwaardig gerecycled kan worden.

## Bijlage 2 Woningen

*Toelichting Productgroep Analyse Woningen; Een eerste concept voor een Productgroep Analyse Aanpak voor de Monitoring en Sturing in de transitie naar een Circulaire Economie (Bletsis, A., J. van Bommel, S. Bours, A. van Hoorn, M. Kamps & J. van Oorschot 2024)*

### B2.1 Productgroep en materiaalketen

De productgroep woningen bestaat uit bestaande bouw en nieuwbouw. De bestaande woningvoorraad bestaat uit de types: rijtjeswoning (42 procent), appartement (36 procent), en vrijstaand of twee-onder-een-kap (22 procent). Deze verdeling ligt in de huidige nieuwbouwpoging overigens anders. Daar is 60 procent appartement en 40 procent een eengezinswoning. Van die laatste groep is twee derde een rijtjeswoning.

In de periode 2019-2022 is de voorraad toegenomen van 7,8 naar 8,1 miljoen woningen. Dit is inclusief de transformaties (van niet-woonfunctie naar woonfunctie) en woningsplitsingen. Naast de toevoegingen worden er gemiddeld ruim 11.000 woningen per jaar gesloopt en nog eens 10.000 woningen aan het woningbestand onttrokken. Bijvoorbeeld doordat woningen worden samengevoegd tot één of omdat woningen een niet-woonfunctie krijgen.

In de productgroep woningen komen meerdere beleidsambities samen. Zo zorgt het huidige woningtekort in Nederland voor een bouwpoging van 900.000 woningen in de periode tot 2030, en liggen er hoge ambities voor verduurzaming van de woningvoorraad. Dit houdt in dat er voor

2050 veel meer woningen moeten zijn (aanvullend gebouwd of uit een andere functie getransformeerd) en dat alle woningen in 2050 goed geïsoleerd zijn, en emissievrij verwarmd worden. Beide ambities vragen veel materiaal.

De materialen die de productgroep instromen zijn zeer divers, van beton, staal en hout voor de constructies, tot baksteen, gips en kalkzandsteen voor wanden en gevels, diverse soorten isolatiemateriaal, en glas. Daarnaast worden ook andere metalen gebruikt (voornamelijk koper en aluminium), en kunststoffen.

In de zoektocht naar een beter bij de demografische ontwikkeling passende woningvoorraad kunnen aantallen woning en de verhouding tussen typen woningen wisselen, mede afhankelijk van prognoses voor de omvang van doelgroepen als migranten en ouderen. Daarnaast worden keuzes gemaakt in het ruimtelijk beleid. Naast het beleid heeft de werking van de diverse markten (grondstof, materiaal, grond, woningen) en maatschappelijke, culturele voorkeuren, invloed op de invulling van de woningvoorraad.

### *B.2.2 Trend- en circulair scenario*

De trend naar 2050 voor de productgroep woningen is een optelsom van modellen voor woningvraag, modellen voor verduurzaming, en literatuur. De prognose voor de woningvraag komt uit het scenario 'Hoog' uit de Actualisatie Invoer Mobiliteitsmodellen 2020 van het Planbureau voor de Leefomgeving. Daarnaast is gebruik gemaakt van het scenario 'baseline' van de Ruimtescanner, eveneens van het PBL. In dat scenario wordt de woningvraag trendmatig toegewezen aan locatie en typen.

Naast nieuwbouw is gekeken naar transformatie, verbouwing en verduurzaming. Er is van uitgegaan dat er door transformatie per decennium 2300 woningen kunnen worden gecreëerd. Herstel- en verbouwwerkzaamheden zijn geschat op basis van literatuur. Materiaalstromen voor verduurzaming zijn gebaseerd op het HESTIA-model van het Planbureau voor de Leefomgeving. In dat model zijn schattingen gemaakt voor de ontwikkeling van gas, elektriciteit en warmte in de gebouwde omgeving. Voor deze studie zijn de isolerende maatregelen van de bestaande voorraad (peiljaar 2019) daaruit overgenomen.

In de trend blijven de bouwmethoden, materialenmix en het type woningen ongewijzigd. Dat is anders in de circulaire scenario's. Voor de circulaire scenario's zijn maatregelen in kaart gebracht op basis van bestaande literatuur en voorgaand onderzoek. De maatregelen komen voort uit sociale en technologische trends zoals industrialisatie en verduurzaming van productieprocessen, digitalisering, nieuwe ontwerpmethoden en businessmodellen, en materiaalinnovaties zoals de opkomst van biobased materialen. De circulaire maatregelen zijn in expertsessies ondergebracht bij vier normatieve scenario's uit de Ruimtelijke Verkenning van het PBL, die variëren in maatschappelijke waarden en instituties. Het resultaat is een per scenario wisselende verdeling over locatie en typen woningen, en de adoptie van de ingezette circulaire strategie.



# Bijlage 3 Verpakkingen

Toelichting Productgroep analyse kunststof verpakkingen en drankenkartons. RIVM Briefrapport 2024-0099 (Spanbroek, N.M., S.A.M.J.V. Bours, E. van den Beuken & M. Pruijn 2024)

## B3.1 Productgroep en materiaalketen

De productgroep verpakkingen bestaat uit tal van vormen en materialen voor veel verschillende toepassingen. In deze analyse is gekeken naar kunststofverpakkingen en drankenkartons. Producten komen doorgaans verpakt op de markt. Het meeste plastic wordt wereldwijd voor verpakkingen gebruikt. Op de tweede en derde plek staan respectievelijk de bouw en de auto-industrie.

De keuze voor een soort verpakking is een afweging van verschillende factoren die sterk samenhangen met het product dat verpakt wordt. Een productverpakkingscombinatie is het gevolg van keuzes over onder andere de kostprijs, houdbaarheid, hygiëne, gemak en uitstraling. Daarnaast spelen duurzaamheid en circulariteit een rol, die vaak gepaard gaan met kostenverhogingen.

Een eerste bijzonder aspect aan de productgroep verpakkingen is de trendgevoeligheid. Consumenten voorkeuren veranderen in de loop der tijd, en beïnvloeden – zelfs op relatief korte termijn – het ontwerp van verpakkingen. Zo draagt de populariteit van kant-en-klaarmaaltijden, individuele porties, en consumptie onderweg (*to go*) bij aan de toename van voedselverpakkingen.

Een tweede bijzonder aspect aan de productgroep verpakkingen is het internationale karakter. Nederland importeert en exporteert verpakte producten. Hierop is geen zicht, maar voor de hoeveelheid materiaal in omloop zijn die handelstromen wel degelijk relevant, evenals voor sturingsmogelijkheden door de overheid.

Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen wel of niet voor contact gevoelige toepassingen. Voorbeelden van contactgevoelige toepassing zijn verpakking van voedsel, cosmetica en medicijnen. Aan deze verpakkingen worden hogere eisen gesteld voor het toepassen van recyclelaar. Voorbeelden van niet-gevoelige toepassingen zijn wasmiddel-, of verfverpakking, of bubbelfolie. Bij ruim de helft van de totale hoeveelheid verpakkingen gaat het om contactgevoelige toepassingen.

Ook is het belangrijk om onderscheid te maken tussen vormvaste verpakkingstypen als frisdrankflessen, bakjes en folie-achtige verpakkingstypen als folies, en zakken. De vormvaste verpakkingen worden nu beter ingezameld en gerecycled. Vormvast is ruim de helft van alle verpakkingen. Het gaat om verschillende materiaalsoorten zoals PET, PE, PP, PS, PVC, papier en metaal. Inschatting is dat de foliestromen 45 procent van de totale massa zijn, PET is 32 procent. Recycling van PET is makkelijker en gebruikelijker dan van folies.

Sinds het jaar 2000 is het gebruik van kunststoffen flink gegroeid. Van 2010 tot en met 2020 is het totale gewicht aan geproduceerde kunststof consumentenverpakkingen en drankenkartons met gemiddeld 2 procent per jaar gestegen, ondanks jaarlijks gemiddeld 1 procent lichtere verpakking. Van 2020 tot en met 2023 is de groei van het totale gewicht gedaald naar 1 procent per jaar. Dit komt waarschijnlijk door wetgeving. De Single-Use Plastic (SUP) Directive (EU) 2019/904 is sinds juli 2021 van kracht. Daarnaast speelt mogelijk mee dat bij de bevolking het bewustzijn van de negatieve effecten van verpakkingsafval is gestegen.

### B3.2 Trend en circulair scenario

De trend naar 2050 voor de productgroep verpakkingen gaat uit van 2 achtergrondscenario's. Het ene achtergrondscenario schetst een energiesysteem dat gebaseerd is op fossiele brandstoffen. Het andere achtergrondscenario schetst een groen alternatief met een emissievrije energievoorziening. Verder is voor de trend de huidige situatie aangehouden, met voortzetting van historische verpakkingconsumptiepatronen.

Toekomstige volumes van de kunststofverpakkingmarkt volgen de trend uit de historische relatie tussen de marktomvang van kunststof verpakkingen, het bbp en de bevolkingsontwikkeling. Voor deze projectie is een lineair regressiemodel gedraaid. Daarbij is de projectie van het bbp gebaseerd op onderzoek van de OECD, en bedraagt 1,18 procent groei per jaar tussen 2022 en 2050). De projectie van de bevolking is gebaseerd op onderzoek van Eurostat, en bedraagt 0,23 procent groei per jaar in diezelfde periode.

In de trend blijven de huidige verwerkingssystemen voor verpakkingen hetzelfde tot 2050. Dit betekent bijvoorbeeld dat het aandeel verpakkingsoorten dat wordt gerecycled en verbrand gelijk blijft. In dit scenario wordt dus geen rekening houdt met mogelijke toekomstige effecten van (aangekondigd) beleid.

Het circulaire scenario voor verpakkingen schetst wat technisch haalbaar is met de kennis van nu. Technieken voor circulaire strategieën worden ingezet. Zo wordt de vraag vermindert door bijvoorbeeld het elimineren van onnodige verpakkingen, het vervangen door verpakkingen van andere materialen en het verminderen van de materiaalhoeveelheid per verpakking door slimmer ontwerp en het verminderen van lege ruimte. Daarnaast worden opkomende recyclingtechnologieën, dissolutie, depolymerisatie, pyrolyse en vergassing, ingezet. Door circulair productontwerp, meer gescheiden inzameling en verbeterde sortering wordt een hogere zuiverheid in de gesorteerde stromen bereikt dan in de trend.

Het resterend gebruik zou volgens de bevroegde experts dan moeten worden voldaan door alternatieve grondstoffen zoals biograndstoffen, plastic afval uit andere sectoren/landen, of nieuwe technologieën voor het afvangen en gebruik van CO<sub>2</sub>.

## Bijlage 4 Toelichting bij impactberekeningen

In de productgroepanalyses zijn drie soorten impact onderscheiden. De afzonderlijke teams hebben voor de berekening van de impact overigens wisselende aannamen gedaan, om de analyse beter te laten passen bij de aard van de productgroep.

### B4.1 Broeikasgassen

De nettobroeikasgasemissies van producten worden telkens gezien over de hele levenscyclus van het product. Daarbij maakt het niet uit waar de emissies plaatsvinden. Dit is anders dan in het klimaatbeleid, waar alleen de emissies binnen de Nederlandse grenzen tellen. Meegenomen wordt de uitstoot bij het winnen van grondstoffen, het produceren van materialen en verpakkingen, de inzameling, sortering en verwerking van het afval, en het transport. Daarnaast wordt rekening gehouden met de vermeden impact door energiet terugwinning en het vermeden primaire materiaal door het gebruik van recycalaat. Naarmate de energietransitie vordert, is de berekende vermeden impact dus ook lager.

#### B4.2 Biodiversiteit

De impact op biodiversiteit door materiaalinzet is benaderd met een indicator voor landgebruik. De indicator geeft inzicht in hoeveel landoppervlak per jaar nodig is om het materiaal te produceren. Landgebruik is een belangrijke oorzaak van biodiversiteitsverlies. Daarnaast laat de indicator samen met de broeikasgasuitstoot een mogelijke afruil tussen uitstootreductie en landgebruiktoename zien van vervanging door biograndstoffen als circulariteitsstrategie. Uit levenscyclusanalyses blijkt dat bijvoorbeeld biobased kunststoffen of isolatiematerialen doorgaans een lagere uitstoot van broeikasgassen hebben dan fossiele kunststoffen, maar aanzienlijk grotere gevolgen hebben in andere milieucategorieën, zoals landgebruik of verzuring.

#### B4.3 Milieu

De impact op milieu is in de analyses op verschillende manieren meegenomen. Bij energietechnologie is gebruik gemaakt van Ecoinvent. Ecoinvent is een veel gebruikte en geaccepteerde database met gegevens over de levenscyclus (*cradle-to-gate*) van duizenden producten. De focus ligt op primaire producten. Evenwel, niet alle gewenste data zijn in de database beschikbaar. Voor sommige stoffen is de informatie niet compleet. In de analyse voor de woningen is gewerkt met de milieukostenindicator (MKI). Milieukosten worden ook wel schaduwkosten genoemd. De MKI weegt meerdere milieueffecten, zoals toxiciteit, verzuring en eutrofiëring, en vertaalt ze in één score die wordt uitgedrukt in euro's. Het is een van de meetpunten van de transitieagenda voor de bouw. In de analyse voor verpakkingen zijn prognoses voor zwerfafval en microplastics als proxy genomen; als indicatie voor de effecten op het milieu. Zwerfafval van verpakkingen kunnen als chemische stoffen in bodem en water terechtkomen.

#### B4.4 ZZS

Zeer zorgwekkende stoffen (ZZS) zijn gevaarlijk voor mens en milieu omdat ze bijvoorbeeld de voortplanting belemmeren, kankerverwekkend zijn of zich in de voedselketen ophopen. De analyse van ZZS is voor elk van de drie productgroepen uitgevoerd op basis van de materiaalstromen uit het modellenwerk. Zie bijvoorbeeld : Heusden, F. van & L. de Boer (2024), Zeer Zorgwekkende Stoffen in materialen gebruikt in de energietransitie Adviezen voor de productgroepenanalyse hernieuwbare energietechnologieën, Bilthoven: RIVM.