



Het meten van de circulaire economie: Toewijzing van carbon emissies en grondstofgebruik

Adam N. Walker

Rutger Hoekstra

CBS Den Haag
Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag
Postbus 24500
2490 HA Den Haag
+31 70 337 38 00
www.cbs.nl

projectnummer

303781
SDI
5 april 2018

Inhoudsopgave

1. Introductie en methode	4
2. Resultaten	8
2.1 CO ₂ emissies	8
2.2 Grondstoffengebruik	10
3. Discussie en conclusie	12
Referenties	13
Bijlage 1: Resultaten	14

1. Introductie en methode

Deze korte notitie is in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat opgesteld in het kader van de monitoring van het Rijksbreed Programma Circulaire Economie (RPCE) en het bijbehorende Grondstoffenakkoord. Het gebruik van grondstoffen door de Nederlandse maatschappij en de uitstoot van CO₂ zijn belangrijke indicatoren in deze context. In het RPCE heeft het kabinet de volgende doelstelling geformuleerd met betrekking tot de circulaire economie: “De ambitie van het kabinet is om samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen) doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen).”¹

Op 15 januari 2018 hebben PBL, RIVM en het CBS een studie uitgebracht waarin een monitoringsysteem voor de CE-transitie wordt voorgesteld. De “50%-doelstelling” wordt daarin ook besproken. Er wordt geconcludeerd dat deze doelstelling nog verder uitwerking behoeft op twee vlakken:

1. *Toewijzing*. Allereerst is het niet duidelijk wat er precies wordt bedoeld met het “grondstoffengebruik” van Nederland. Welke grondstoffen worden toegerekend aan Nederland en welke zijn de verantwoordelijkheid van andere landen?
2. *Urgentie*. Daarnaast wordt er in de doelstelling geen rekening gehouden met verschillen in de urgentie om diverse grondstoffen te reduceren. Een generieke 50% doelstelling gaat er vanuit dat een ton biomassa gelijk staat aan ton zand of een ton neodymium. Het rapport concludeert dat het van belang is om de urgentie van de verschillende materialen ook mee te laten wegen. Dat kan bijvoorbeeld door de leveringszekerheid, toxiciteit of de bijdrage aan broeikasgassen mee te laten wegen.

Deze korte notitie bespreekt de eerste van deze twee vragen en werkt deze empirisch uit op nationaal niveau en op het niveau van de vijf transitieagenda's die zijn geformuleerd in de RPCE (biomassa en voeding, maakindustrie, bouw, kunststoffen en consumentengoederen). De toewijzing van milieudruk (grondstofgebruik en CO₂-emissies) is namelijk op diverse manieren toe te wijzen. Figuur 1 bevat vier mogelijke toewijzingscriteria. In de rijen staan twee manieren om de economische activiteit te definiëren, namelijk productie of consumptie. In de kolommen wordt een onderscheid gemaakt tussen de directe milieudruk of de milieudruk in de keten. De betekenis van deze dimensies wordt hieronder besproken met CO₂-emissies als voorbeeld.

De directe benadering voor productie (kwadrant 1) geeft aan hoeveel ton CO₂ wordt uitgestoten door Nederlandse bedrijven. Er wordt geregistreerd hoeveel emissies er plaatsvinden vanuit de bedrijfsactiviteiten. Bedrijfstakken zoals transport, elektriciteitscentrales of de zware industrie leveren een grote bijdrage in deze indicator. De directe emissies ten behoeve van consumptie (kwadrant 2) registreert de emissies van huishoudens. Het betreft dan de emissies uit brandstofgebruik en het gebruik van gas voor de verwarming en kooktoestellen. Zowel de directe emissies van productie als consumptie worden in de Nederlandse Milieurekeningen geregistreerd².

Het voordeel van de directe methoden is dat de toewijzing op een tamelijk simpele wijze tot stand komt: daar waar de emissies de lucht in gaan, wordt de verantwoordelijkheid gelegd. Dit sluit ook goed aan op de beleidspraktijk: de overheid heeft invloed op deze bronnen omdat ze op Nederlands

¹ <https://www.circulaireeconomienederland.nl/home/default.aspx>

² <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=83300NED&D1=0&D2=4-57&D3=25&HDR=G2&STB=G1,T&VW=T>

grondgebied staan³. Beleid dat alleen op basis van directe methoden wordt geformuleerd zal echter ook beperkingen kennen. Als de overheid de emissies van de elektriciteitscentrales wil verlagen zal het niet alleen moeten kijken naar de directe emissies, maar ook naar de vraagkant: wie zijn de afnemers van de elektriciteit en hoe kunnen deze hun gebruik (en bijbehorende emissies) reduceren? Kortom, er moet ook worden gekeken naar de *keten* van bijvoorbeeld elektriciteitsproductie en verbruik.

	Direct	Keten	
Productie	(1) <i>Directe milieudruk van productie</i>	(4) <i>Indirecte milieudruk van productie</i>	PRODUCTIE VOETAFDruk
Consumptie	(2) <i>Directe milieudruk van consumptie</i>	(3) <i>Indirecte milieudruk van consumptie</i>	CONSUMPTIE VOETAFDruk
	DIRECTE MILIEUDruk		

Tabel 1: De verschillende manieren om de milieueffecten van Nederlandse economische activiteit te meten.

Het probleem wordt nog pregnanter als er rekening wordt gehouden met globalisering. Stel dat er een vervuilende fabriek is in Nederland die uitsluitend verkoopt aan Nederlandse consumenten. Vervolgens verhuist dat bedrijf naar China, maar blijft het wel exclusief verkopen aan de Nederlandse consument. Volgens de directe benadering wordt de “Nederlandse” uitstoot minder en is de situatie verbeterd. De CO₂-emissies van het consumptiepakket van Nederland zijn echter hetzelfde gebleven⁴ als we de gehele productieketen in ogenschouw nemen. Bovendien is er ook nog Nederlandse werkgelegenheid en toegevoegde waarde verloren gegaan. Dit is geen fictief voorbeeld. De periode van 1990 tot de crisis van 2008 kenmerkte zich door een snelle ontwikkeling van de globalisering waarbij veel ontwikkelde landen hun CO₂-emissies hebben “geëxporteerd” naar landen zoals China (Peters et al., 2011, Baldwin, 2017).

Deze keteneffecten kunnen worden gekwantificeerd door de indirecte emissies van de Nederlandse *consumptie*⁵ te berekenen (kwadrant 3). Daarbij wordt er gekeken naar de emissies die in de hele keten nodig zijn geweest om het eindproduct te maken dat in Nederland wordt geconsumeerd. Dat betekent bijvoorbeeld dat het elektriciteitsgebruik wordt toegewezen aan consumptie in Nederland en niet aan de elektriciteitscentrales. In het bovengenoemde globaliseringsvoorbeeld worden de emissies van de Chinese fabriek toegerekend aan de Nederlandse consumptie.

³ Mobiele bronnen zoals Nederlands vrachtauto's en auto's die in het buitenland rijden vallen onder de Nederlandse wetgeving omdat ze worden geregistreerd door een Nederlandse eigenaar.

⁴ Deze verschuiving kan een verhoging van mondiale CO₂-emissies opleveren omdat de productie verplaatst naar landen met een minder efficiënte technologie. In Hoekstra et al. (2016) wordt bijvoorbeeld aangetoond dat 18% van de groei van de wereldwijde CO₂ emissies (1995-2007) kan worden toegerekend aan de verplaatsing van hoge lonen landen (met een efficiënte technologie) naar lage lonen landen (met CO₂ intensievere productie).

⁵ Dit is gelijk aan de consumptie van huishoudens, de overheidsconsumptie en de investeringen.

Een alternatieve ketenbenadering is om de milieudruk aan productie toe te wijzen (kwadrant 4). Alle inputs die nodig zijn in het productieproces leveren namelijk ook milieudruk op in de keten (zowel in Nederland als in het buitenland). Dit perspectief heeft ook veel raakvlakken met Life Cycle Analysis (LCA) die door bedrijven wordt toegepast om de milieudruk in de levenscyclus van hun producten te meten. Er zijn meerdere bestemmingen voor Nederlandse producten : consumptie in Nederland of in het buitenland, of als input in andere binnenlandse of buitenlandse productieprocessen (intermediaire leveringen). Technisch gesproken zijn er dus meerdere manieren om de milieudruk aan productie toe te wijzen, afhankelijk van welke doeleinden meegenomen worden (zie Potting et al. (2018) voor details).⁶

Het voordeel van de kwantificering van indirecte effecten is dat er rekening wordt gehouden met de diverse ketenrelaties in plaats van slechts naar de directe emissies te kijken. Het sluit ook aan op de gedachte van een circulaire economie die uitgaat van een keten van producten en diensten. Een nadeel is dat de berekening gebruik maakt van informatie van andere landen, die vaak minder betrouwbaar is dan die over de directe emissies van Nederland. Beleidsmatig is de ketenbenadering ook uitdagender omdat de Nederlandse overheid maar beperkte invloed heeft op emissies die in het buitenland plaatsvinden.

De diverse kwadranten leveren de volgende drie indicatoren op :

- A. *Direct*. Dit staat gelijk aan de directe emissies van Nederlandse productie en consumptie ((1)+(2)).
- B. *Consumptie voetafdruk*. Dit zijn de directe en indirecte emissies die worden toegerekend aan de Nederlandse consumptie ((2)+(3)).
- C. *Productie voetafdruk*. Dit zijn de emissies die gemoeid zijn met de Nederlandse productie (4). De mate waarin de directe emissies worden meegenomen hangt af van de gehanteerde berekeningswijze (bijlage 4 van Potting et al., 2018).

Deze drie indicatoren worden gebruikt in het volgende hoofdstuk.⁷ De berekeningen worden uitgevoerd op CO₂-emissies en grondstoffengebruik voor de jaren 2010 en 2014. Voor de grondstoffen wordt onderscheid gemaakt in metalen, mineralen, biomassa en fossiele grondstoffen. De data over directe milieudruk komen uit de Milieurekeningen en de Materialenmonitor (van der Pol-de Jongh et al. 2016). De ketencijfers worden berekend aan de hand van SNAC-Exiobase database van het CBS (Walker et al., 2017)⁸. Deze databron is gebaseerd op de Multi-Regional Input-Output (MRIO) database Exiobase (Stadler et al. 2018) maar wel aangepast aan de CBS-data voor de Nederlandse economie.

De SNAC-Exiobase is een goede databron voor het berekenen van voetafdrukken, maar vergt wel veel capaciteit. Vandaar dat er slechts twee jaar beschikbaar zijn (2010 en 2014). Vanwege de hoge kosten en de mogelijkheid om op een andere manier actuelere cijfers te maken, hanteert het CBS alternatieve methoden voor de officiële voetafdruk. De voetafdrukken die zijn afgeleid van de SNAC-Exiobase moeten daarom als experimenteel worden beschouwd⁹. In Walker et al. (2017) worden de

⁶ In dit rapport gebruiken we de variant waarin alle Nederlandse productie meegenomen wordt behalve productie die gebruikt is in Nederland als input in andere productieprocessen (formule 2 uit de bijlage 4 van Potting et al. (2018)). In het algemeen is de productievoetafdruk nog niet heel vaak toegepast (Wilting en van Oorschot, 2017) en de keuze over welk deel van de Nederlandse productie meegenomen wordt heeft voordelen en nadelen met betrekking tot de optelbaarheid en interpretatie.

⁷ De twee resultaten van de twee ketenbenaderingen mogelijk niet opgesomd worden vanwege dubbelstellingen.

⁸ Zie voor eerdere papers over deze methode Hoekstra et al. (2014) en Edens et al. (2015).

⁹ Walker et al. (2017) concluderen dat de cijfers voor 2014 van mindere kwaliteit zijn dan die van 2010.

verschillen tussen SNAC-Exiobase en de officiële CBS voetafdrukken besproken (voor de CO₂ emissies). In de laatste paragraaf van deze notitie wordt hierop nog kort ingegaan.

Naast de nationale totalen worden resultaten gepresenteerd per “prioriteit”. Er zijn vijf prioriteitssectoren: biomassa en voedsel, kunststoffen, maakindustrie, bouw en consumentengoederen. De eerste vier zijn voorbeelden van productiesectoren. De prioriteit consumptiegoederen overlapt met de andere prioriteiten omdat spullen die bijvoorbeeld uit de maakindustrie komen vaak ook worden gebruikt voor consumptie. In deze notitie worden de resultaten met betrekking tot consumptie (direct en indirect) gezien als een uitwerking van de prioriteit consumptiegoederen¹⁰. Alles wat buiten de vijf prioriteiten valt, wordt aangeduid als “niet prio”.¹¹

¹⁰ De prioriteit consumptiegoederen richt zich met name op het inkoopgedrag van huishoudens. In het geval van “consumptie”, zoals in deze notitie gebruikt, worden ook de overheidsconsumptie en investeringen meegerekend. In Potting et al. (2018) wordt daarom ook de term “consumentenvoetafdruk” geïntroduceerd om alleen datgene dat door huishoudens is veroorzaakt in kaart te brengen. Hierop wordt in deze notitie niet verder ingegaan.

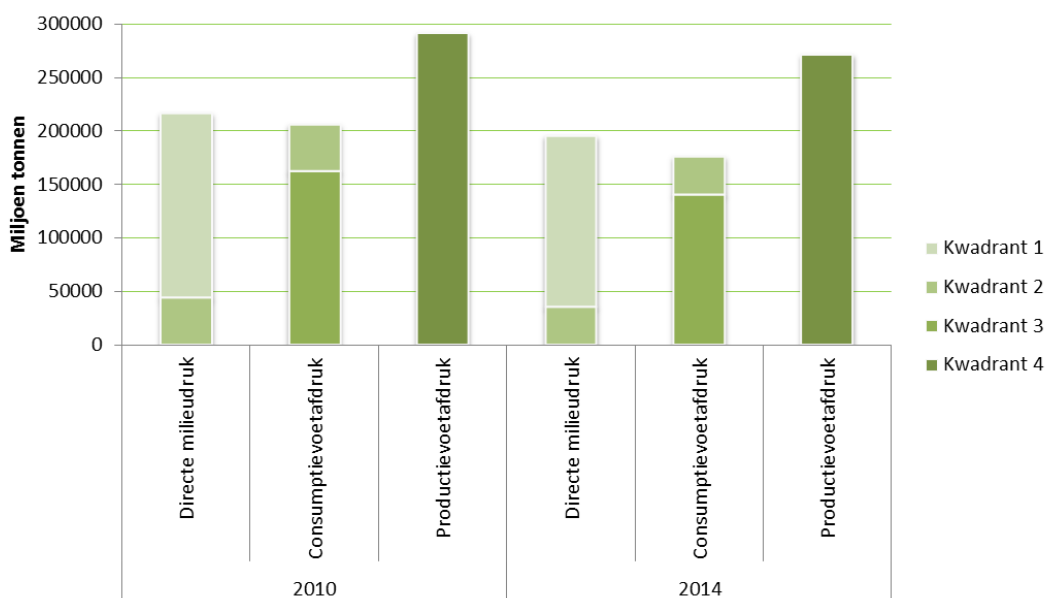
¹¹ De prioriteiten in deze notitie zijn toebedeeld op basis van de economische sectoren zoals beschreven in Potting et al. (2018). Aangezien de sectorindeling van de Nationale Rekeningen nog onvoldoende detail kent, is er sprake van een onderschatting van de bouw en een overschatting van kunststoffen. Deze problemen moeten in de toekomst worden verholpen. Daarnaast is het ook zo dat het mogelijk is om de prioriteiten toe te wijzen op basis van producten of materialen (zie Potting et al., 2018). Ook dit moet verder worden uitgewerkt. De resultaten in deze notitie moeten niet worden gelezen als een definitieve toewijzing aan de diverse prioriteiten.

2. Resultaten

In paragraaf 2.1 worden de resultaten voor de toewijzingsprincipes uit tabel 1 besproken voor CO₂-emissies op het nationale niveau en per prioriteit. Vervolgens wordt in paragraaf 2.2 het grondstoffengebruik gepresenteerd en geanalyseerd, inclusief de diverse grondstofsoorten (metalen, mineralen, biomassa en fossiel). Alle resultaten worden weergegeven in bijlage 1.¹²

2.1 CO₂ emissies

Figuur 1 laat de verschillen zien tussen de drie indicatoren in termen van CO₂-emissies. In tabel 2 wordt de ontwikkeling tussen 2010 en 2014 weergegeven. De resultaten van de figuur en tabel zijn uitgesplitst naar de kwadranten van tabel 1 en 2.



Figuur 1: Directe CO₂-emissies en de CO₂ productie- en consumptievoetafdrukken voor 2010 en 2014

De resultaten laten zien dat alle indicatoren een dalende trend vertonen voor de CO₂-emissie voor de periode 2010-2014, maar dat er wel verschillen bestaan tussen de absolute niveaus van de indicatoren. Het betreft een korte periode van 4 jaar die sterk werd beïnvloed door de economische conjunctuur in de jaren na de financiële crisis van 2008. Het is dus ook niet duidelijk of de dalingen van structurele aard zijn en zich zullen voortzetten in de toekomst. Een tentatieve bespreking van de ontwikkeling van de consumptievoetafdruk is gegeven in Walker et al. (2017).

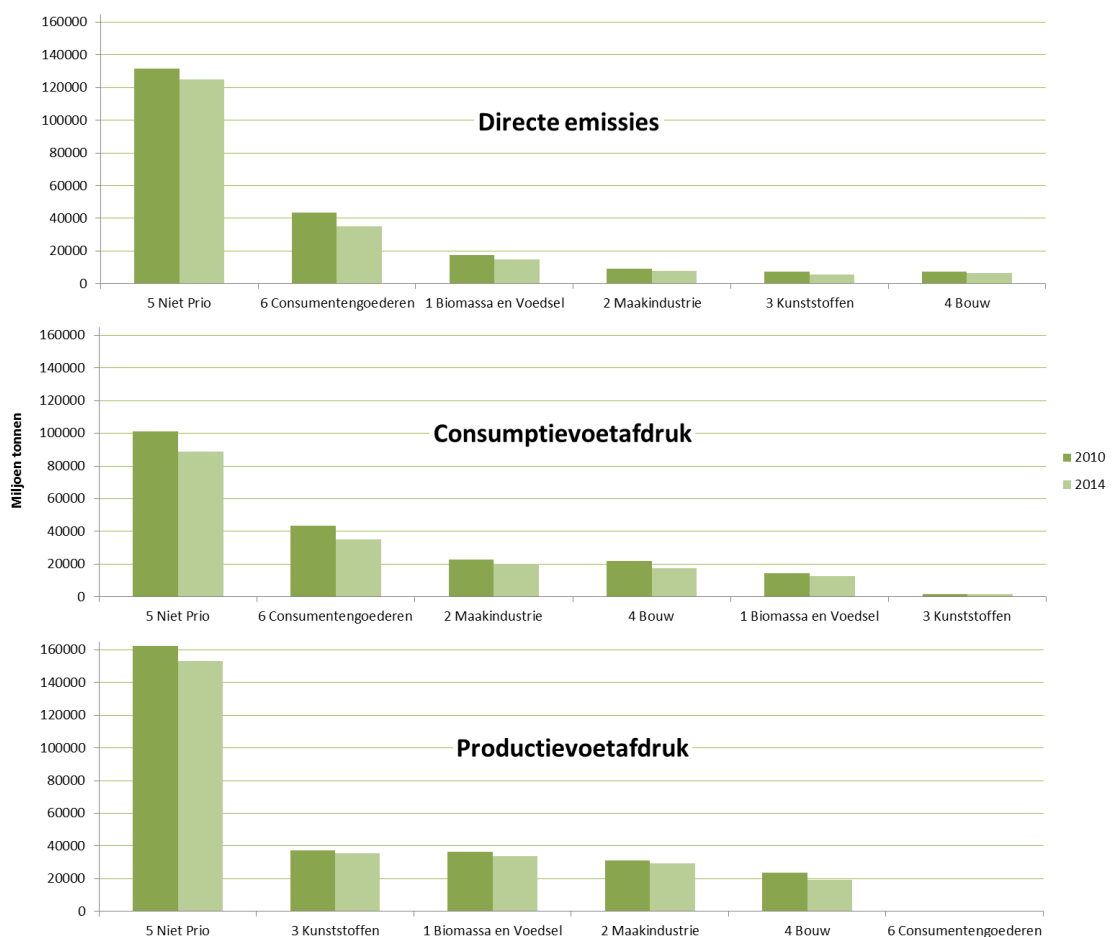
De resultaten in deze notitie laten zien dat de productievoetafdruk groter is dan de consumptievoetafdruk, wat te verklaren is uit de relatief energie-intensieve productiestructuur van de Nederlandse economie. De resultaten laten verder zien dat emissies in de consumptieketen veel sterker zijn gedaald dan in de productieketen. Het verklaren van dergelijke ontwikkelingen valt buiten de scope van deze korte notitie. Een grondige analyse van de ontwikkelingen gebeurt op basis van decompositie analyse op langere tijdreeksen.

¹² De cijfers die in dit hoofdstuk en in de bijlage worden gepresenteerd, kunnen afwijken van cijfers uit Potting et al. (2018) vanwege een kleine verbetering in de berekening.

	Ontwikkeling 2010-2014 (%)
Directe milieudruk	-9.7
<i>Consumptie (Kwadrant 2)</i>	-19.1
<i>Productie (Kwadrant 1)</i>	-7.3
Consumptievoetafdruk	-14.5
<i>Direct (Kwadrant 2)</i>	-19.1
<i>Keten (Kwadrant 3)</i>	-13.2
Productievoetafdruk (Kwadrant 4)	-6.8

Tabel 2: Ontwikkelingen van emissies volgens de drie benaderingen tussen 2010 en 2014.

In figuur 2 worden de emissies verdeeld over de prioriteitssectoren. Of er gekeken is naar de productie- of de consumptievoetafdruk heeft een effect op de verdeling van de emissies tussen de prioriteitssectoren.



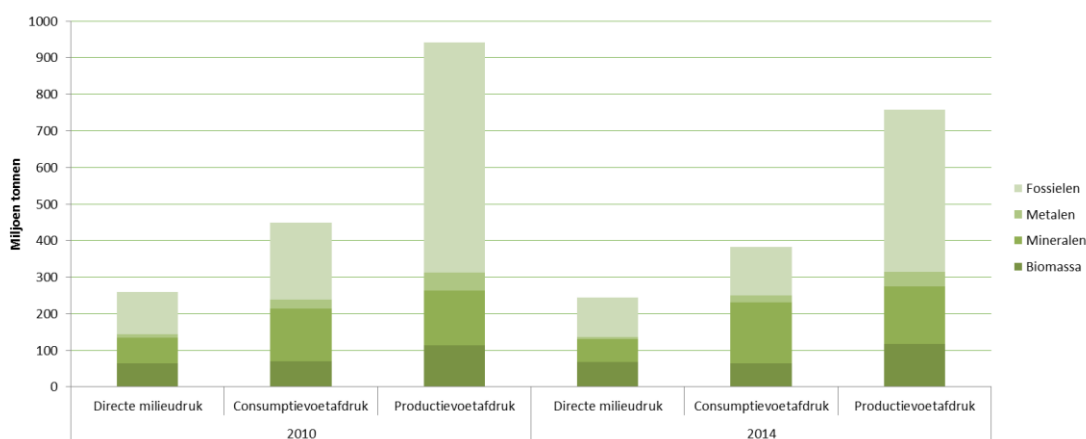
Figuur 2: CO₂-emissies (direct, productievoetafdruk en consumptievoetafdruk) per prioriteitssector voor de jaren 2010 en 2014.¹³

¹³ De volgorde waarin de sectoren gepresenteerd zijn is bepaald door de voetafdruk in die prioriteitssector in 2010, van hoog tot laag. Voor de productievoetafdruk is de emissie toegewezen aan huishoudens per definitie nul.

Figuur 2 laat zien dat de keuze voor directe emissies of voetafdrukken een effect heeft op het relatieve belang van de prioriteitssectoren. Dit is vooral zo voor consumentengoederen en ook in de bouw en de kunststoffen. Voor de productievoetafdruk zijn er geen emissies onder de prioriteitssector voor consumentengoederen, terwijl consumentengoederen een belangrijk deel uitmaken van de consumptievoetafdruk en de directe emissies. Kijken we naar de emissies in de consumptieketen in 2010, dan is de maakindustrie de belangrijkste prioriteitssector, na consumptiegoederen. Kunststoffen zijn het minst belangrijk wat betreft deze indicator. Voor de productieketen is dit beeld in 2010 precies andersom. Dit komt omdat de basis kunststofproducten zelden als eindproducten voor de Nederlandse consumptie worden gebruikt. Plastics zoals PVC spelen een belangrijke rol in andere eindproducten of verpakkingen maar worden in veel minder mate direct verkocht aan consumenten. Daardoor valt de consumptievoetafdruk relatief laag uit. In de berekening van de productievoetafdruk wordt alle uitvoer van de kunststoffen echter toegerekend aan prioriteit kunststoffen.

2.2 Grondstoffengebruik

Voor grondstofgebruik wordt een iets ander concept van directe milieudruk gehanteerd dan voor CO₂-uitstoot. Directe milieudruk voor grondstof is gedefinieerd als extractie van grondstoffen in Nederland plus de invoer van ruwe grondstoffen (zoals erts bijvoorbeeld). Deze aanpak is consistent met Potting et al. (2018)¹⁴. Figuur 3 laat zien dat de keuze voor het toewijzingsprincipe nog belangrijker is voor grondstoffenverbruik dan voor CO₂-emissies.



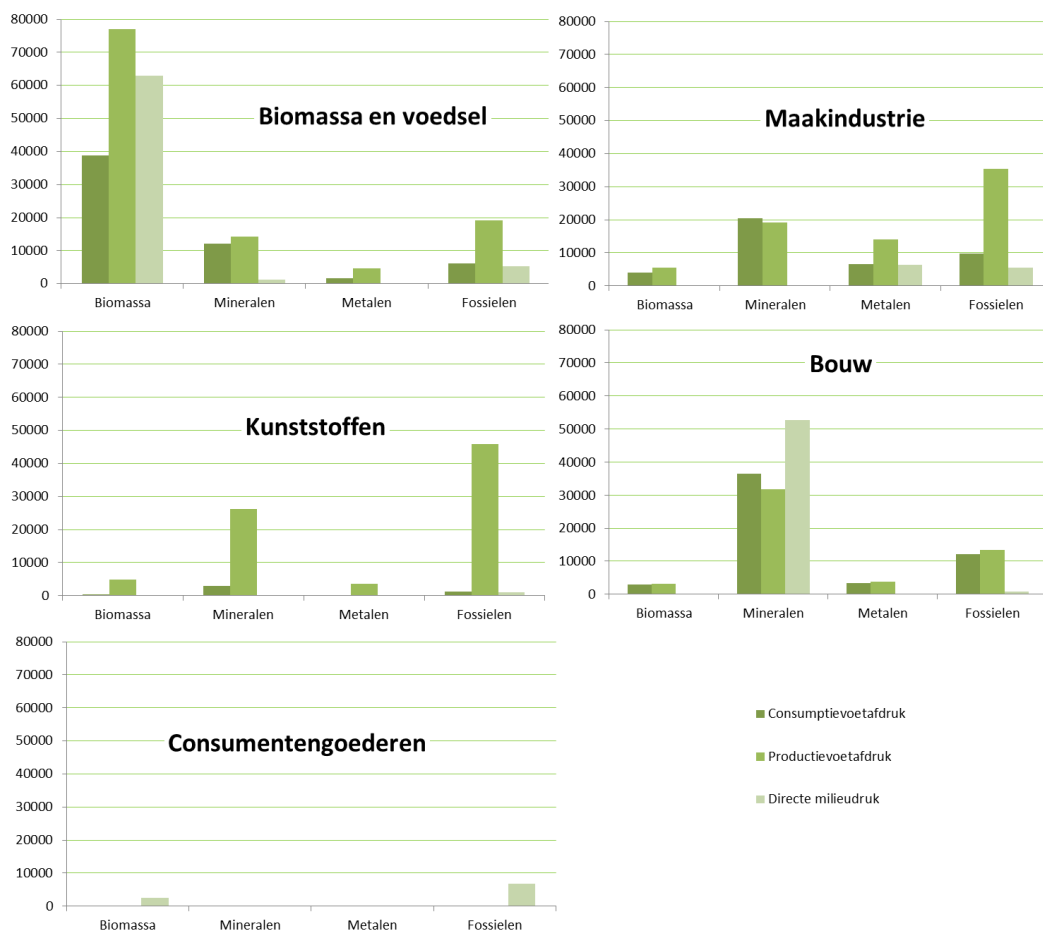
Figuur 3: Grondstofgebruik (direct, productievoetafdruk en consumptievoetafdruk) uitgesplitst naar grondstofftype voor de jaren 2010 en 2014.

Het grondstofgebruik in de productieketen leidt tot een grondstofgebruik dat bijna twee keer zo groot is als het grondstofgebruik in de consumptieketen.¹⁵ Dit verschil komt grotendeels door verschillen in het gebruik van fossiele brandstoffen dat ongeveer drie keer zo groot is in de productieketen. Interessant is dat het gebruik in de productieketen in één geval, namelijk mineralen in 2010, kleiner is dan het gebruik in de consumptieketen.

¹⁴ Terwijl de aanpak consistent is, wijken de totalen in Potting et al. (2018) af van wat er hier gepresenteerd wordt. Dit komt doordat Potting et al. wederuitvoer van grondstoffen meenemen.

¹⁵ De consumptie voetafdruk voor grondstoffen wordt ook wel Raw Material Consumption (RMC) genoemd.

De volgende figuren laten de verschillen zien tussen het directe grondstofgebruik en de productie- en consumptievoetafdruk per prioriteitssector in termen van de vier types grondstof (biomassa, mineralen, metalen en fossielen). De figuren gebruiken allemaal 2014 als een voorbeeld omdat het beeld weinig is veranderd tussen 2010 en 2014.



Figuur 4: Direct grondstofgebruik en grondstofgebruik in de productie- en consumptieketens voor de vier prioriteitssectoren uitgesplitst naar de vier grondstofftypes. De data betreffen het jaar 2014.

Figuur 4 laat de verschillen in grondstoffengebruik tussen de prioriteitssectoren zien. Veel resultaten spreken voor zich: het belang van biomassa in de biomassa en voedsel prioriteitssector, het belang van fossiele en minerale grondstoffen in de kunststof prioriteitssectoren, en het belang van mineralen in de bouw. De verschillen tussen de productie- en de consumptievoetafdruk zijn het grootst voor prioriteitssectoren die relatief veel uitvoeren. Dit effect speelt de grootste rol in de kunststof prioriteitssector maar ook in biomassa en voedsel, en verder ook deels in de maakindustrie, vooral wat fossiele grondstoffen betreft.

3. Discussie en conclusie

Om de 50% doelstelling van het RPCE te concretiseren is het nodig dat twee onderwerpen verder worden uitgewerkt : 1) de *toewijzingsprincipes* van het Nederlandse grondstoffengebruik en 2) de weging van de *urgentie* van grondstoffen.¹⁶ Deze korte notitie levert een bijdrage aan het eerste onderwerp door de diverse toewijzingsprincipes te bespreken en empirisch uit te werken. De resultaten worden getoond voor zowel het nationale totaal als voor de transitieprioriteiten (voor CO₂-emissies en grondstoffengebruik). De cijfers zijn voor 2010 en 2014 berekend maar de ontwikkelingen zijn niet in detail geanalyseerd in deze korte notitie. De periode is kort en de uitkomsten zijn sterk afhankelijk van de volatiele economische conjunctuur van die periode. Het is dus niet duidelijk of de (dalende) trends voor de diverse indicatoren van structurele aard zijn. Een gedetailleerde analyse van de ontwikkelingen, bijvoorbeeld op basis van decompositie-analyse, zou nuttig zijn als er een langere tijdreeks beschikbaar is.

De toewijzing van milieudruk kan op basis van twee dimensies gebeuren: 1) productie vs. consumptie en 2) directe milieudruk vs. milieudruk in de keten. Dat levert drie indicatoren op: direct milieudruk, de consumptie- en productievoetafdruk. De empirische vergelijking van deze drie laat zien dat er behoorlijk verschillen zijn op nationale schaal en op het niveau van de prioriteiten. De manier waarop milieudruk gemeten wordt, heeft dus een groot effect op de resultaten. Voor CO₂-emissies en grondstofgebruik geldt dat de productievoetafdruk het hoogst is. Het beeld van de relatieve invloed van prioriteitssectoren kan behoorlijk verschillen, afhankelijk van het gebruikte toewijzingsprincipe. Dit rapport laat bijvoorbeeld zien, in termen van CO₂-emissies, dat het beeld van het relatieve belang van prioriteitssectoren sterk afhankelijk is van de gekozen invalshoek.

Deze korte notitie bevat nog geen definitieve advies om tot een operationalisering van de 50% doelstelling te komen. Daarvoor moet het antwoord op de eerste vraag (toewijzing) in samenhang met een tweede vraag (urgentie) bekeken worden.¹⁷ Daarnaast moet er ook worden gekeken naar de beleidsmogelijkheden die overheden hebben op de diverse perspectieven. Een dergelijke analyse zou bijvoorbeeld samen met het Planbureau voor de Leefomgeving kunnen worden vormgegeven.

Een laatste punt is dat de cijfers in dit hoofdstuk nog experimenteel zijn en bovendien soms afwijken van de bestaande officiële reeksen van het CBS. Voor zowel CO₂ emissies als grondstoffengebruik publiceert het CBS namelijk al consumptievoetafdrukken op basis van methoden die zijn ontwikkeld door Eurostat (zie Schoenaker en Delahaye, 2018). De methode die hier wordt gebruikt geeft meer mogelijkheden voor analyse van de ontwikkelingen, maar vergt wel meer capaciteit. Voor CO₂-emissies zijn de verschillen tussen de experimentele en officiële reeks relatief klein en ze kunnen verklaard worden. Voor grondstoffen is het verschil veel groter. Eisenmenger et al. (2016) constateren ook dat voor Oostenrijk er forse verschillen zijn in de Eurostat methode en de uitkomsten van andere methoden zoals die in deze notitie zijn gebruikt. De methodische en empirische verschillen moeten voor de Nederlandse situatie nader worden onderzocht.

¹⁶ Het onderzoeken van de urgentie helpt om de doelstelling "slimmer" te maken. Bepaalde stoffen zijn namelijk belangrijker dan anderen als we bijvoorbeeld criteria zoals leveringszekerheid, bijdrage aan klimaatproblematiek of toxiciteit meenemen. Als dit wordt meegewogen dan is niet ieder ton reductie even belangrijk: men begint dan met de meest urgente stofstromen.

¹⁷ Het is ook raadzaam om de relatie tussen deze toewijzingsprincipes en Life Cycle Analyses (LCA) verder uit te werken. LCA's worden vaak toegepast door bedrijven en door deze methodieken dichter bij elkaar te brengen vergemakkelijkt het de communicatie van deze toewijzingsprincipes op nationaal niveau.

Referenties

- Baldwin, R. (2016). *The Great Convergence*. Information Technology and the New Globalisation. Belknap/Harvard.
- Edens, B., Hoekstra, R., Zult, D., Lemmers, O., Wilting, H. en R. Wu (2015). A method to create carbon footprint estimates consistent with national accounts. *Economic Systems Research* 27, pp. 440-457
- Eisenmenger, N., Wiedenhofer, D., Schaffartzik, A., Giljum, S., Bruckner, M., Schandl, H., Wiedmann, T.O., Lenzen, M., Tukker, A., en A. de Koning (2016). Consumption-based material flow indicators – Comparing six ways of calculating the Austrian raw material consumption providing six results. *Ecological Economics* 128, pp. 177-186.
- Hoekstra, R., B. Edens, D. Zult en H. Wilting (2014). Reducing the variation of environmental footprint estimates based on multiregional input–output databases. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal* 5 (3), pp. 325-345
- Peters, G.P., Minx, J.C., Weber, C.L. en O. Edenhofer (2011). Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, pp. 8903–8908.
- van de Pol-de Jong, L.A., Keller, K. en R. Delahaye (2016). Material Flow Monitor Time Series 2008-2014. CBS. Projectnummer 301771.
- Potting, J., Hanemaaijer, A., Delahaye, R., Ganzevles, J., Hoekstra, R. en J. Lijzen (2018). Circulaire economie: wat we willen weten en kunnen meten. Systeem en nulmeting voor monitoring van de voortgang van de circulaire economie in Nederland. Beleidsstudie PBL, CBS en RIVM.
- Schoenakker, N. en R. Delahaye (2018). Environmental input output analyses for the Netherlands. CBS. Projectnummer 303781274.
- Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C.-J., Simas, M., Schmidt, S., Usubiaga, A., Acosta-Fernández, J., Kuenen, J., Bruckner, M., Giljum, S., Lutter, S., Mercias, S., Schmidt, J.H., Theurl, M.C., Plutzar, C., Kastner, T., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., de Koning, A. en Tukker, A. (2018). EXIOBASE 3: Developing a Time Series of Detailed Environmentally Extended Multi-Regional Input-Output Tables. *Journal of Industrial Ecology*. DOI 10.1111/jiec.12715.
- Walker, A.N., Zult, D., Hoekstra, R., van den Berg, M. en G. Dingena (2017). Footprints Calculations using a Dutch National Accounts Consistent Exiobase. CBS. Projectnummer 303068.
- Wilting, H., van Oorschot, M.M.P. (2017) Quantifying biodiversity footprints of Dutch economic sectors: A global supply-chain analysis. *Journal of Cleaner Production* 156, pp. 194-202.

Bijlage 1: Resultaten

De volgende tabel bevat alle resultaten die gepresenteerd zijn in hoofdstuk 2.

		Miljoen tonnen					
		CO ₂	Grondstofftypes				
			Biomassa	Mineralen	Metalen	Fossielen	
1 Biomassa en Voedsel	2010	Direct	17,498	60.2	1.0	0.0	6.1
		Consumptieketen	14,486	41.8	11.1	1.6	9.6
		Productieketen	36,618	75.0	12.8	3.7	29.5
	2014	Direct	14,945	63.0	1.3	0.0	5.4
		Consumptieketen	12,584	40.5	12.6	1.6	6.3
		Productieketen	33,674	77	14	5	19
2 Maakindustrie	2010	Direct	8,980	0.0	0.2	8.8	4.8
		Consumptieketen	22,865	4.0	20.2	9.4	17.5
		Productieketen	31,218	4.5	16.2	24.6	69.7
	2014	Direct	7,946	0.0	0.2	6.3	5.5
		Consumptieketen	20,383	4.2	21.7	6.8	10.1
		Productieketen	29,493	5	19	14	35
3 Kunststoffen	2010	Direct	7,524	0.0	0.0	0.0	1.1
		Consumptieketen	1,738	0.3	2.1	0.2	1.4
		Productieketen	37,150	4.4	24.6	3.9	62.0
	2014	Direct	5,673	0.1	0.0	0.0	0.9
		Consumptieketen	1,563	0.3	2.9	0.2	1.2
		Productieketen	35,747	5	26	4	46
4 Bouw	2010	Direct	7,190	0.0	59.5	0.0	1.0
		Consumptieketen	21,806	3.4	38.8	4.9	21.9
		Productieketen	23,591	3.6	37.3	5.2	23.9
	2014	Direct	6,511	0.0	52.7	0.0	0.8
		Consumptieketen	17,334	3.0	36.5	3.5	12.1
		Productieketen	19,109	3	32	4	13
5 Niet Prio	2010	Direct	131,430	2.0	9.4	0.0	92.6
		Consumptieketen	101,068	20.0	72.9	8.3	160.0
		Productieketen	162,439	26.4	58.4	12.5	442.1
	2014	Direct	124,957	1.8	8.8	0.0	88.0
		Consumptieketen	88,709	19.3	92.8	7.5	103.9
		Productieketen	153,135	27	64	12	324
6 Consumenten goederen	2010	Direct	43,592	2.5	0.2	0.0	9.4
		Consumptieketen	44,973	.	.	.	.
		Productieketen	.	.	.	.	.
	2014	Direct	35,252	2.6	0.2	0.0	6.9
		Consumptieketen	36,638	.	.	.	.
		Productieketen	.	.	.	.	.