



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Op weg naar een Grondstoffen
Informatie Systeem (GRIS): data
koppelen op waarde geschat**

Proof of concept koppelen van datasets over kritieke
materialen en materiaalstromen in de circulaire economie

RIVM-briefrapport 2021-0035
A.R. van Bruggen et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Op weg naar een Grondstoffen
Informatie Systeem (GRIS): data
koppelen op waarde geschat**

Proof of concept koppelen van datasets over kritieke
materialen en materiaalstromen in de circulaire economie

RIVM-briefrapport 2021-0035
A.R. van Bruggen et al.

Colofon

© RIVM 2021

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2021-0035

A.R. van Bruggen (auteur), RIVM
L.A. de Jongh (auteur), CBS
R. Mosterd (auteur), CBS
E. Rietveld (auteur), TNO
E.J.T. Rijksen (auteur), RIVM

Contact:

E.J.T. Rijksen

Data, Milieu en Omgeving, Centrum voor Milieukwaliteit
eveline.rijksen@rivm.nl

De auteurs bedanken Roel de la Haye (CBS), Guus van den Berghe (RWS) en de expertgroep van het GRIS voor hun waardevolle input op dit rapport.

Dit rapport is tot stand gekomen in het kader van het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie 2019-2023. Dit werkprogramma is een samenwerkingsverband van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden (CML), het Centraal Planbureau (CPB), het RIVM, RVO.nl, Rijkswaterstaat en TNO onder leiding van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Het kabinet streeft naar een volledig circulaire economie in 2050. Het doel van het werkprogramma is om de door het kabinet uitgezette koers naar 2050 te kunnen monitoren en te evalueren en de overheid te voorzien van de kennis die nodig is voor de vormgeving of bijsturing van beleid. Meer informatie over het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie is te vinden op <https://www.pbl.nl/onderwerpen/circulaire-economie>.



Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

TNO



Publiekssamenvatting

Op weg naar een Grondstoffen Informatie Systeem (GRIS): data koppelen op waarde geschat

Proof of concept koppelen van datasets over kritieke materialen en materiaalstromen in de circulaire economie

Nederland streeft naar een circulaire economie in 2050. Daarin worden minder grondstoffen gebruikt en worden ze zo veel mogelijk opnieuw gebruikt. Om te weten in hoeverre dit ook echt gebeurt is het RIVM bezig met de ontwikkeling van een Grondstoffen Informatie Systeem (GRIS). Dit systeem verzamelt informatie over grondstoffen, wie ze waarvoor gebruikt in de Nederlandse economie, en hoe groot de voorraden zijn.

Het GRIS maakt het mogelijk om informatie over grondstoffen op te slaan en te koppelen. Deze koppeling geeft nieuwe inzichten, bijvoorbeeld in welke sectoren grondstoffen zitten en of ze kunnen worden hergebruikt. Er is nu een pilot uitgevoerd. Doel hiervan is om inzicht te krijgen of het waardevol is om data in een grondstoffensysteem bij elkaar te brengen, en wat belangrijk is voor het ontwerp hiervan. De pilot maakt duidelijk welke informatie nog nodig is voor een grondstoffensysteem en in welke vorm. Met deze informatie kunnen de data van systemen beter op elkaar aansluiten.

Voor de pilot zijn twee informatiebronnen aan elkaar gekoppeld om daar ervaring mee op te doen. Het zijn de monitor over materiaalstromen in Nederland en de data van 'kritieke materialen'. Dit zijn materialen die maar in kleine hoeveelheden beschikbaar zijn, zoals bepaalde metalen, en tegelijkertijd belangrijk zijn om bepaalde producten te maken.

Door de koppeling werd duidelijk waar 'fouten' in de data van de twee systemen zaten. Het kost veel tijd om die eruit te halen. De pilot maakte ook duidelijk dat voor het GRIS een goede samenwerking nodig is van de organisaties die de informatiebronnen maken. Ook is expertise nodig om de data op waarde te kunnen schatten.

De monitor over materiaalstromen in Nederland is van het CBS. De monitor van kritieke materialen is van TNO en het ministerie van Economische Zaken (EZK). Het RIVM is door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) gevraagd om het systeem te ontwikkelen

Kernwoorden: circulaire economie, grondstoffen, monitoring, informatiesysteem, datastructuur.

Synopsis

Towards a Raw Materials Information System for the Netherlands

Proof of concept coupling of datasets on critical materials and material flows in the circular economy

The Netherlands aims to have a circular economy in place by 2050. In this new economy, the use of raw materials will be minimised and their reuse will be maximised. To assess the extent to which this actually takes place, RIVM is currently developing a Raw Materials Information System (Grondstoffen Informatie Systeem – GRIS). This system collects information about raw materials, who uses them for what in the Dutch economy and how large the reserves are.

The purpose of the GRIS is to collect and link information regarding raw materials. This linkage provides new insights regarding the sectors in which raw materials are used and whether they can be reused, for example. A pilot project to couple information sources has now been carried out to clarify the value of bringing together information in a raw materials system of this kind and the essential design factors. The pilot project makes clear what information is still needed for a raw materials system and the requisite form.

For the pilot project, two information sources: the Dutch Materials Flow Monitor and 'critical materials' dataset, were linked to gain experience with the concept. The data concerns materials that are only available in small quantities, such as certain metals, and are also critical for making specific products.

This would make information systems more compatible. The linkage revealed the 'errors' in the data from the two systems; remedying them will be very time-consuming. The pilot project also indicated that close cooperation will be necessary between organisations creating the information sources for GRIS. Expertise is also key in evaluating the data.

The Dutch Materials Flow Monitor is conducted by the National Statistics Office (CBS). The monitor of critical materials is conducted by the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO) and the Ministry of Economic Affairs (EZK). The Netherlands Environmental Assessment Agency (Planbureau voor de Leefomgeving – PBL) has commissioned RIVM to develop the system.

Keywords: circular economy, raw materials, monitoring, information system, data structure.

Inhoudsopgave

Samenvatting – 9

1 Introductie – 15

- 1.1 Aanleiding en belang van een GRIS – 15
- 1.2 GRIS doe je samen – 16
- 1.3 Binden van data: een Proof of Concept – 18
- 1.4 Leeswijzer – 19

2 Methode koppelingsproces – 21

- 2.1 Omschrijving datasets – 21
- 2.2 Technische beschrijving van het koppelingsproces – 23

3 Lessen over koppeling van datasets – 27

- 3.1 Software tools: iteratieve proces van keuzes – 27
- 3.2 Tabelstructuur aan te leveren data – 27
- 3.3 Controle datasets – 27
- 3.4 Vertrouwelijkheid – 29
- 3.5 Conclusies – 30

4 Inhoudelijke reflecties – 31

- 4.1 Vergelijkingen kobalt, koper, ijzer, ZAM, nikkel – 31
- 4.2 Indicatoren kritieke materialen: Ontwikkelingen tussen 2012 en 2018 – 35
- 4.3 Beleidsrelevantie inhoudelijke inzichten – 35

5 Discussie en conclusie – 39

- 5.1 Conclusies – 39
- 5.2 Aanbevelingen – 44

Referenties – 47

Bijlage A – Kritieke materialen – 49

Bijlage B – GRIS Materiaalmonitor metadata rapport – 50

Bijlage C – Metadata Grondstoffenscanner – 56

Bijlage D – Achtergrond bij kobalt, koper, ijzer, ZAM, nikkel – 61

Bijlage E – Indicatoren materiaal kritikaliteit: Ontwikkelingen tussen 2012 en 2018 – 65

Bijlage F – Ontwikkelingen databases in andere studies met expliciete vermelding kritieke grondstoffen – 76

Samenvatting

Nederland streeft naar een Circulaire Economie (CE) in 2050 waarin minder nieuwe grondstoffen worden gewonnen en grondstoffen zo veel mogelijk opnieuw worden gebruikt (Rijksoverheid 2019). Om de koers van de transitie naar een CE te volgen, te evalueren, en bij te sturen is een werkprogramma Monitoring & Sturing opgezet waarin verschillende kennisinstellingen samenwerken onder leiding van het Planbureau van de Leefomgeving (PBL) (PBL 2019). De data die nodig is om een transitie te monitoren is momenteel bij een groot aantal verschillende partijen aanwezig. Data worden op verschillende manieren vrijgegeven, zijn van wisselende kwaliteit en er worden verschillende structuren en indelingen gebruikt die het lastig kunnen maken deze data te interpreteren. Om grondstoffengebruik te kunnen monitoren, is het nodig verschillende databronnen op een consistente manier bij elkaar te brengen en eenvoudig toegankelijk te maken.

Doel van het GRIS

Voor de monitoring en sturing van de transitie is het belangrijk om informatie over grondstofstromen, voorraden en, op termijn, effecten te verzamelen. Binnen het werkprogramma is er daarom aan het RIVM opdracht gegeven om een Grondstoffen Informatie Systeem (GRIS) op te zetten. Een dergelijk informatiesysteem wordt gezien als een essentieel onderdeel van de monitoring van de circulaire economie en is nodig om monitoringssystemen te voeden die worden gebruikt om te sturen richting de gestelde halveringsdoelstelling (Kishna, Hanemaaijer et al. 2019). Het GRIS kan een nationaal dekkend en eenduidig informatiesysteem zijn, dat beleidsmakers, bedrijfsleven en wetenschappers in staat stelt effectief te sturen op de activiteiten en maatregelen die in gang zijn gezet om circulair te gaan werken. Om hieraan te voldoen onderscheiden we vier type handelingen die binnen het GRIS moeten kunnen worden uitgevoerd met de data over (1) grondstof- en productstromen, (2) voorraden en (3) leveringszekerheid- en milieueffecten:

1. Bijeenbrengen: verschillende databronnen en datahouders op één platform en op regelmatige basis bij elkaar te brengen om data aan te vullen en te vernieuwen.
2. Binden: op een consistente/eenduidige manier relevante data koppelen zodat nieuwe informatie ontstaat (bv. micro-macro data).
3. Beschouwen: welke data hebben we al en welke missen we nog? Wat is de kwaliteit van de data? Welke data hebben we nodig, en in welke vorm, om aan de behoefte, kennis- of beleidsvragen te voldoen?
4. Beschikbaar maken: zorgen dat data op het vereiste detail- en kwaliteitsniveau toegankelijk en begrijpelijk zijn voor gebruikers.

Proof of Concept: koppelen van data

Het GRIS wordt de komende jaren stap voor stap ontwikkeld aan de hand van kennisvragen. Dit gaat in verschillende fasen en momenteel wordt er gewerkt aan een Minimal Viable Product (MVP). Een MVP is gedefinieerd als "de eerste versie van een product dat zo vroeg mogelijk

wordt uitgerold naar de opdrachtgever(s)” (van der Maas, Ruysenaars et al. 2019, p. 14). Het doel daarvan is om zo snel mogelijk feedback te krijgen op het ontwikkelde product. Dit rapport gaat specifiek verder in op de case studie om twee datasets over grondstofstromen met elkaar te binden of te koppelen. Het maken van deze koppeling geeft inzicht in hoe de infrastructuur van het GRIS zou kunnen werken. Deze koppeling heeft als doel om te experimenteren met hoe een koppeling in het GRIS uiteindelijk kan functioneren. Het onderzoek is een Proof of Concept (PoC) van het koppelen van bestaande datasets en onderzoekt de meerwaarde ervan. Doel van de koppeling is om de volgende vragen te beantwoorden:

1. Technische randvoorwaarden GRIS: wat komt erbij kijken? Welke infrastructuur en datastructuur is nodig.
2. Procesmatige randvoorwaarden GRIS: welke stappen moeten worden doorlopen, welke expertise is nodig, hoe moet deze worden betrokken, welke afspraken over betrouwbaarheid zijn nodig om data aan derden ter beschikking te stellen, hoeveel tijd is nodig?
3. Wat het koppelen aan waarde oplevert: levert de koppeling van data nieuwe inzichten op die een meerwaarde zijn voor het GRIS en monitoring van de CE?

In een verkenning over de wensen en mogelijkheden voor het GRIS zijn casestudies geïnventariseerd die kunnen helpen bij het testen van het opnemen en ontsluiten van data, en daarnaast ook experimenteren met het koppelen van datasets (van der Maas, Ruysenaars, Rijksen, 2019). Een van deze casestudies is het samenbrengen en ontsluiten van de informatie van de Materiaalmonitor (MM) van het CBS (van Berkel and Delahaye 2019) en de Grondstoffenscanner (GSS) dataset van TNO/EZK (RVO 2020).

De Materialenmonitor van het CBS is een belangrijke dataset voor het GRIS, omdat deze de belangrijkste grondstoffenstromen van, naar en binnen de Nederlandse economie in kaart brengt. De Grondstoffenscanner bevat data over 64 kritieke materialen in belangrijke productgroepen. Kritieke materialen zijn materialen waarvoor leveringsrisico's worden verwacht, bijvoorbeeld omdat deze met name worden gewonnen in conflictgebieden en omdat ze in hoge mate van belang zijn voor de Europese economie (Commissie 2010). Voorbeelden van zulke kritieke materialen zijn kobalt, koper, ijzer, Zeldzame Aardmetalen (ZAM) en nikkel. Door de MM en de GSS datasets aan elkaar te koppelen, kunnen er inhoudelijke inzichten worden opgedaan over de aanwezigheid van kritieke materialen in de verschillende bedrijfstakken of sectoren van de Nederlandse economie.

In de rapportage is de nadruk gelegd op het proces en de technische randvoorwaarden voor de koppeling, maar de lezer geïnteresseerd in de inhoudelijke achtergrond van kritieke materialen in grondstoffenstromen kan ook veel uit dit rapport halen.

Conclusies technische en procesmatige randvoorwaarden

Het koppelen van informatie is een **iteratief proces** waarin de juiste stappen om de data op te schonen of te bewerken en de benodigde software in verschillende cycli worden ontdekt. Het koppelen van

datasets via GRIS bleek niet alleen waardevol voor de potentiële gebruikers van het GRIS, maar ook voor de houders van de datasets. Bij het koppelen van de datasets bleek dat dit aanleiding was om de bestaande databases te verbeteren. Het proces van koppelen heeft dus niet alleen een verificatie van de nieuwe informatie, maar ook een verificatie van de broninformatie in zich. Het iteratieve proces kan vertraging met zich meebrengen, als er tijdens het proces van koppeling fouten of inconsistenties worden gevonden in de originele datasets.

Om informatie te koppelen moeten ze op eenzelfde manier zijn **geclassificeerd** of ingedeeld. Als dit niet het geval is kan of de informatiebron worden aangepast of een bestaande koppeltabel worden gebruikt of een nieuwe ontwikkeld. Deze dienen dan vervolgens ook te worden ontsloten en bij updates te worden onderhouden. Wat betreft classificatie wordt vanuit het GRIS ook ontwikkelingen bij bijvoorbeeld de EU gevolgd over classificering van data voor een circulaire economie.

Een andere belangrijke les uit de PoC is dat voor een goede koppeling zowel kennis over data-analyse en programmeren als over circulaire economie vereist is om de koppelingen te kunnen maken. Deze **inhoudelijke kennis** over het onderwerp kan bij een persoon of bij een team van mensen aanwezig zijn.

Er is gedurende de koppeling verkend of het maken van een API nuttig zou zijn voor dit type koppelingen. In eerdere verkenning voor het GRIS werd deze suggestie gedaan. De PoC laat zien dat een API voor dit type datasets niet de investering waard is. Dit is met name zo, omdat de datasets van de PoC niet vaker dan een keer per jaar worden vernieuwd. Een API levert gezien kosten en inspanning om deze te bouwen, momenteel geen meerwaarde in een GRIS voor de koppeling van deze datasets. Een API zou op termijn wel gebruikt kunnen worden om informatie vanuit het GRIS eenduidig naar buiten te brengen of als er databases worden gekoppeld die frequenter worden geüpdatet.

Conclusies voor de ontwerpfase van het GRIS

Voor de verdere ontwikkeling van het GRIS, is het van belang dat partijen voldoende **tijd en middelen** krijgen om relevante koppelingen te identificeren en samenwerken om deze te maken. Naast het ontsluiten van de datasets en de koppeling, of dit nu op het ambitieniveau van een tabellenboek of een dataplatform wordt gedaan, is het van belang dat de **metadata** beschikbaar is en blijft voor alle versies van de databases die via het GRIS worden ontsloten.

Er zal samen met gebruikers en data-leveranciers moeten worden gekeken welke metadata en welke brondata nodig en nuttig zijn voor de transitie naar CE, en met data-leveranciers welke brondata en metadata kunnen worden ontsloten in het licht van vertrouwelijkheid. Voor verdere ontwikkeling van het GRIS zal moeten worden nagedacht hoe zoveel mogelijk relevante data aan gebruikers beschikbaar kan worden gesteld, zonder dat de data kan worden herleid tot individuele partijen waar de data over gaat. Een oplossing voor een dergelijk probleem, zal per koppeling verschillen.

Belangrijk voor het vervolg van het GRIS, is dat er tijd en middelen beschikbaar zijn voor een groep van experts om bij elkaar te komen en samen te identificeren welke koppelingen relevant kunnen zijn en deze koppelingen uit te voeren en ontsluiten. Zonder dit **platform** blijven organisaties meer binnen hun eigen silo. Deze opdracht heeft ertoe geleid dat ook experts beter zijn gaan begrijpen welke data andere organisaties hebben, dat meer samenwerking nodig is en hoe dit kan worden georganiseerd. Voor het identificeren van koppelingen kan ook nauw worden samengewerkt met beleid, om de belangrijkste vragen waarvoor koppelingen nodig zijn te identificeren. Zo ontstaat er naast een technisch systeem een samenwerkingsverband, met een coördinerende partij die data en mensen bij elkaar brengt en waar alle partijen voordeel opdoen uit de kennis die wordt gegenereerd. Dit is ook een belangrijk onderdeel van bijvoorbeeld de Emissieregistratie.

Bij het opschalen van het GRIS naar de volgende fasen zullen steeds meer datasets worden gekoppeld op basis van kennisvragen ten behoeve van het CE beleid. Deze rapportage heeft laten zien wat er komt kijken bij het maken van één koppeling. Het opschalen van het identificeren, realiseren en onderhouden van de vele datakoppelingen vergt samenwerking met vele partijen in een iteratief leerproces. Dit proces zal nieuwe inzichten opleveren over wat we willen en kunnen meten en een belangrijke basis leggen voor de monitoring van de CE en het sturen van de richting van de transitie. Om een volwaardig GRIS binnen een periode van tien jaar te realiseren is niet alleen een opschaling van het aantal koppelingen nodig, maar ook een investering in het samenbrengen van partijen, het inregelen van kwaliteit, etc. Dit is dus meer dan een 'technische oplossing' alleen en dit proces vraagt tijd en middelen.

Inhoudelijke inzichten en verbeterpunten van de koppeling tussen MM en GSS

Door de koppeling van de GSS met de MM is nu in één oogopslag zien in welke mate kritieke materialen verbonden zijn met sectoren die belangrijk zijn voor de Nederlandse economie en hoe deze sectoren zich verhouden tot enkele andere nationale economieën. In deze rapportage is dit in detail omschreven voor kobalt, koper, ijzer, ZAM en nikkel. Hoewel de resultaten veel nieuwe inzichten bieden, blijkt ook dat de waarde van de kritieke grondstoffen niet in alle sectoren even goed te zien is in deze analyse. Het aandeel kritieke materialen in materiaalstromen uitgedrukt in massa is soms geen goede indicator voor de rol die deze materialen spelen. De vergelijking met vitamines gaat op: deze zijn weliswaar qua gewicht verwaarloosbaar in een menselijk lichaam maar voor de goede werking van het lichaam essentieel. Binnen het kader van de ICER en het steeds beter in kaart brengen van grondstofstromen in kilo's, zal hiervoor naar oplossingen moeten worden gezocht, denk aan bijvoorbeeld het uitdrukken van grondstoffen in monetaire waarde of bijvoorbeeld impact op beleid, volksgezondheid of milieu. Om daadwerkelijk inhoudelijke conclusies te trekken, moeten de onderliggende data van de grondstoffenscanner eerst worden verbeterd.

Ook zijn er verschillende manieren om deze koppeling verder te verbeteren en uit te breiden. Zo kan er meer worden gezien wanneer er meer inzicht komt in welke sectoren afhankelijk zijn van welke investeringen. Ook kan er een extra verificatie worden gedaan op de cijfers door het balanceren van de input en output per sector. Naast het koppelen van kritieke materialen aan de MM, kan in dezelfde trend informatie over het biobased aandeel van producten worden gekoppeld aan de goederengroepen van de MM. Hoeveel prioriteit er moet worden gegeven aan deze ontwikkelpunten, is afhankelijk van de kennisvragen en andere casestudies die binnen het GRIS in volgende fasen worden uitgewerkt.

Aanbevelingen

Uit het maken van de koppeling tussen de materialen monitor en de GSS volgen de volgende aanbevelingen voor de verdere uitwerking en invulling van het GRIS met meer datasets en koppelingen:

1. Het koppelen van datasets verloopt volgens een iteratief proces waarin zowel technische kennis van het koppelen van datasets als inhoudelijke kennis over grondstoffen in een circulaire economie vereist is. Laat daarom in een proces van koppeling voldoende ruimte voor tussentijds overleg tussen de data analisten en engineers en werk samen om geleerde lessen inzichtelijk te maken, vooral als meerdere organisaties bij de koppeling betrokken zijn. Betrek bij het koppelen van datasets voor het GRIS zowel inhoudelijke experts van de circulaire economie en grondstoffen als data analisten om de gekoppelde dataset te verifiëren alvorens het verder wordt gebruikt voor analyse en duiding. Data zonder inhoudelijke kennis om deze te verifiëren en duiden is van weinig waarde. Besteed bij het uitvoeren van andere koppelingen en het doorvoeren van verbeterpunten voldoende aandacht aan het expliciet maken van zowel de geleerde lessen over het proces van het maken van de technische koppeling als inhoudelijke inzichten die uit de data kunnen worden opgedaan.
2. Het koppelen van datasets geeft een kans voor verbetering van de bestaande datasets, maar ook tot mogelijke vertraging als er in het proces van koppeling fouten of inconsistenties worden gevonden in de originele datasets. Maak daarom risico's en uitdagingen in het koppelen tijdig inzichtelijk en houd deze tijdens het proces in de gaten.
3. Maak op basis van de verificatie van de koppeling en conclusies uit het iteratieve leerproces afspraken over het format van de aan te leveren data. Werk met bestaande classificaties en update koppeltabel waar mogelijk en nodig.
4. Besteed aandacht aan het werkproces in de komende jaren: wie kan wanneer met welke middelen dit aspect van GRIS verbeteren en actueel houden.
5. De gekoppelde datasets in GRIS moeten worden bijgehouden en geüpdatet als er nieuwe versies van de originele databases beschikbaar komen. Hiervoor moet een proces worden ingericht die rekening houdt met de frequentie van updates. Afhankelijk van de frequentie is investeren in een API de moeite waard. Daarnaast moet bij dit werkproces rekening worden gehouden met de metadata, die ook moet worden bijgehouden, het

versiebeheer en het borgen van de vertrouwelijkheid. Tot slot moet bij gebrek aan updates op termijn door het GRIS team in samenwerking met experts worden bepaald of data nog van voldoende kwaliteit is om door te gaan in het GRIS.

6. Identificeer voor verdere ontwikkeling van het GRIS met een groep experts van verschillende organisaties die andere datasets over grondstoffen of materialen hebben, welke andere koppelingen nuttig kunnen zijn op basis van kennisvragen. Borduur hierbij voort op geleerde lessen en behoeftes uit eerder gemaakte koppelingen, die voortkomen uit evaluaties van het GRIS met gebruikers.
7. Maak voldoende tijd, middelen en expertise vrij voor het complexe, meerjarige en iteratieve leerproces dat het GRIS vereist. Maak tijdig duidelijk keuzes in wat het doel is van GRIS, wat de prioritering is en zorg dat daarin aan de voorwaarden wordt voldaan.

1 Introductie

1.1 Aanleiding en belang van een GRIS

Nederland streeft naar een Circulaire Economie (CE) in 2050 waarin minder nieuwe grondstoffen worden gewonnen en grondstoffen zo veel mogelijk opnieuw worden gebruikt (Rijksoverheid 2019). Om de koers van de transitie naar een CE te volgen, evalueren, en bijsturen is een werkprogramma Monitoring & Sturing opgezet waarin verschillende kennisinstellingen samenwerken onder leiding van het Planbureau van de Leefomgeving (PBL) (PBL 2019). Om een transitie te monitoren is onder andere data nodig over de grondstofstromen, het gebruik en de voorraden hiervan en ook de effecten van het gebruik van grondstofstromen op mens en milieu. De data die nodig is om een transitie te monitoren is momenteel bij een groot aantal verschillende partijen aanwezig. Data worden op verschillende manieren vrijgegeven, zijn van wisselende kwaliteit en er worden verschillende structuren en indelingen gebruikt die het lastig maken deze data te interpreteren. Om grondstoffengebruik te kunnen monitoren, is het nodig verschillende databronnen op een consistente manier bij elkaar te brengen. Een dergelijk systeem kennen we al in Nederland voor bijvoorbeeld de Emissieregistratie, waar sinds 1974 door een groot aantal organisaties informatie wordt verzameld en vastgesteld over de uitstoot van verontreinigde stoffen naar lucht, water en bodem (RIVM 2010).

Data over grondstoffengebruik moeten in ieder geval kunnen ondersteunen bij het beantwoorden van de volgende vragen betreft de voortgang naar een CE:

1. Vragen over grondstoffenstromen: welke grondstoffenstromen gaan de Nederlandse economie in en uit? Welke sectoren maken gebruik van welke primaire en secundaire grondstoffen?
2. Vragen over grondstoffenvoorraden: Welke grondstoffenvoorraden zijn aanwezig in de Nederlandse economie en welke kwaliteit hebben deze? Op welke manier worden deze voorraden (her)gebruikt? En wanneer lijken die voorraden vrij te komen?
3. Vragen over effecten: welke milieudruk is aan welk grondstoffengebruik verbonden? Welke grondstofstromen en welke productgroepen hebben de meeste milieu-impact? Waar in de keten vindt dit effect plaats?

Voor de monitoring en sturing van de transitie is het belangrijk om informatie over grondstofstromen, voorraden en, op termijn, effecten te verzamelen. Binnen het werkprogramma is er daarom aan het RIVM opdracht gegeven om een Grondstoffen Informatie Systeem (GRIS) op te zetten. Een dergelijk informatiesysteem wordt gezien als een essentieel onderdeel van de monitoring van de circulaire economie en is nodig om te sturen richting de gestelde halveringsdoelstelling (Kishna, Hanemaaijer et al. 2019). Hoewel de opdracht van het GRIS is een Het nationaal dekkend en eenduidig informatiesysteem te maken, heeft het GRIS team uit stakeholder interviews geconcludeerd dat het GRIS ook beleidsmakers, bedrijfsleven en wetenschappers in staat stelt effectief in

te grijpen op de activiteiten en maatregelen die in gang zijn gezet om circulair te gaan werken. Om hieraan te voldoen onderscheiden we vier type handelingen die binnen het GRIS moeten kunnen worden uitgevoerd met de data over (1) grondstofstromen, (2) voorraden en (3) (milieu-)effecten:

1. Bijeenbrengen: verschillende databronnen en datahouders op één platform en op regelmatige basis bij elkaar te brengen om data aan te vullen en te vernieuwen.
2. Binden: op een consistente/eenduidige manier relevante data koppelen zodat nieuwe informatie ontstaat (bv. micro-macro data).
3. Beschouwen: welke data hebben we al en welke missen we nog? Wat is de kwaliteit van de data? Welke data hebben we nodig, en in welke vorm, om aan de behoefte, kennis- of beleidsvragen te voldoen?
4. Beschikbaar maken: Zorgen dat data op het vereiste detail- en kwaliteitsniveau toegankelijk en begrijpelijk zijn voor gebruikers.

Het opzetten en uitdenken van een dergelijk systeem is niet eenvoudig. In deze inleiding wordt omschreven hoe het GRIS verder ontwikkelt en welke onderdelen zijn uitgewerkt. In dit rapport wordt één van de functies van het GRIS verder onderzocht: de waarde van het binden of koppelen van data. Ook wordt er een initiële inventarisatie gedaan van wat er komt kijken bij het beschikbaar maken van data die is gekoppeld bijvoorbeeld betreft datavertrouwelijkheid. Parallel aan het verder onderzoeken van deze functie wordt onderzoek gedaan naar het bijeenbrengen en beschouwen van data (zie ook Figuur 2 in de volgende paragraaf).



Figuur 1 Doel van het GRIS

1.2 GRIS doe je samen

Het GRIS wordt onder leiding van het RIVM ontwikkeld in opdracht van het PBL. RIVM heeft hiertoe een projectgroep GRIS ingesteld. In deze projectgroep zijn de volgende instituten en instanties vertegenwoordigd: CBS, TNO, CML, PBL, RWS en RIVM. Daarnaast is inbreng geleverd vanuit RVO.nl.

In 2019 is er onder leiding van het RIVM een eerste verkenning gedaan door een groep van experts uit verschillende kennisinstituten en een inventarisatie gemaakt van de verschillende opties voor een GRIS (van der Maas, Ruysenaars, Rijksen, 2019). In de verkenning zijn zes verschillende ambitieniveaus voor het systeem geformuleerd en ook een inschatting gemaakt van de vertaling van de ambitieniveaus naar gebruikers, functionaliteiten, benodigde (financiële) inspanningen en organisatie.

De komende jaren wordt gebouwd aan een Minimal Viable Product (MVP), zoals voorgesteld in de verkenning uit 2019. Een MVP is gedefinieerd als “de eerste versie van een product dat zo vroeg mogelijk wordt uitgerold naar de opdrachtgever(s)” (van der Maas, Ruysenaars et al. 2019, p. 14). Het doel daarvan is om zo snel mogelijk feedback te krijgen op het ontwikkelde product. Deze MVP richt zich dan nog op een beperkte gebruikersgroep en een beperkte vulling ten opzichte van het uiteindelijke potentieel (van der Maas, Ruysenaars, Rijksen, 2019, p. 12).

De fasen waarin het GRIS verder wordt ontwikkeld en uitgerold zijn hieronder gevisualiseerd (Figuur 2).



Figuur 2 Fasen waarin het GRIS verder wordt ontwikkeld

Dit rapport valt binnen de fase 1 van de ontwikkeling van het GRIS. De eerste fase is tevens het eerste jaar van het ontwikkelen van een Minimal Viable Product (MVP).

1.3 Binden van data: een Proof of Concept

Zoals hierboven omschreven, heeft een GRIS meerdere functies. Namelijk om data bijeen te brengen, te beschouwen, te binden en ze beschikbaar te maken. Het GRIS wordt de komende jaren stap voor stap ontwikkeld aan de hand van kennisvragen. Dit rapport gaat specifiek verder in op de case studie om twee datasets over grondstofstromen met elkaar te binden of te koppelen. Het maken van deze koppeling geeft inzicht in hoe de infrastructuur van het GRIS zou kunnen werken. Deze koppeling heeft als doel om te experimenteren met hoe een koppeling in het GRIS uiteindelijk kan functioneren. Het onderzoek is een Proof of Concept (PoC) van het koppelen van bestaande datasets en onderzoekt de meerwaarde ervan. Doel van de koppeling is om de volgende vragen te beantwoorden:

1. Technische randvoorwaarden GRIS: wat komt erbij kijken? Welke infrastructuur en datastructuur is nodig.
2. Procesmatige randvoorwaarden GRIS: welke stappen moeten worden doorlopen, welke expertise is nodig, hoe moet deze worden betrokken, welke afspraken over betrouwbaarheid zijn nodig om data aan derden ter beschikking te stellen, hoeveel tijd is nodig?
3. Wat het koppelen aan waarde oplevert: levert de koppeling van data nieuwe inzichten op die een meerwaarde zijn voor het GRIS en monitoring van de CE?

In een verkenning over de wensen en mogelijkheden voor het GRIS zijn casestudies geïnventariseerd die kunnen helpen bij het testen van het opnemen en ontsluiten van data, en daarnaast ook experimenteren met het koppelen van datasets (van der Maas, Ruysenaars, Rijksen, 2019). Een van deze casestudies is het samenbrengen en ontsluiten van de informatie van de Materiaalmonitor (MM) van het CBS (van Berkel and Delahaye 2019) en de Grondstoffenscanner (GSS) dataset van TNO/EZK (RVO 2020).

De Materialenmonitor van het CBS is een belangrijke dataset voor het GRIS, omdat deze de belangrijkste grondstoffenstromen van, naar en binnen de Nederlandse economie in kaart brengt (zie ook paragraaf 2.1.1). De Grondstoffenscanner bevat data over kritieke materialen in belangrijke productgroepen (zie ook paragraaf 2.1.2). Kritieke materialen zijn materialen waarvoor leveringsrisico's worden verwacht, bijvoorbeeld omdat deze met name worden gewonnen in conflictgebieden en omdat ze in hoge mate van belang zijn voor de Europese economie (Commissie 2010). Voorbeelden van zulke kritieke materialen zijn kobalt, koper, ijzer, Zeldzame Aardmetalen (ZAM) en nikkel. Door de MM en de GSS datasets aan elkaar te koppelen, kunnen er inhoudelijke inzichten worden opgedaan over de aanwezigheid van kritieke materialen in de verschillende bedrijfstakken of sectoren van de Nederlandse economie.

Het RIVM heeft opdracht gegeven aan CBS en TNO om deze casestudie uit te werken voor de Fase 1 van het GRIS. In dit rapport wordt beschreven hoe de GSS dataset, die informatie over kritieke metalen, is gekoppeld aan de goederengroepen in de MM. Dit rapport geeft de

resultaten van deze casestudie en op basis daarvan conclusies en aanbevelingen over:

- technische aspecten;
- procesmatige aspecten; en
- de inhoudelijke waarde van de koppeling;

als basis voor een nieuw te ontwikkelen GRIS.

Deze conclusies en aanbevelingen dienen als input voor Fase 2 van het GRIS, als er wordt gekozen voor welke volgende databases binnen het GRIS zullen worden gekoppeld (Figuur 2).

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is voor meerdere doelgroepen geschreven waaronder onderzoekers en beleidsmakers. In de rapportage is de nadruk gelegd op het proces en de technische randvoorwaarden voor de koppeling, maar de lezer geïnteresseerd in de inhoudelijke achtergrond van kritieke materialen in grondstoffenstromen kan ook veel uit dit rapport halen. Daarom volgen hieronder twee manieren om het rapport te lezen.

1.4.1 Technische koppeling van datasets: geleerde lessen

Hoofdstuk twee: beschrijft de methode van het koppelen van de datasets.

Hoofdstuk drie: beschrijft de lessen die zijn geleerd over het technische proces van het koppelen van data.

Hoofdstuk vier: beschrijft de inhoudelijke inzichten over kritieke aardmetalen in materiaalstromen in Nederland op hoofdlijnen.

Hoofdstuk vijf: sluit af met conclusies, implicaties voor het ontwerp van het GRIS, mogelijke uitbreidingen en aanbevelingen voor het vervolg van het GRIS.

Relevant voor deze lezer zijn ook Bijlage A - C. Met name bijlage B en C die de metadata van de datasets en de samenstelling van de datasets die worden gekoppeld bevatten, zijn interessant voor deze lezer.

1.4.2 Inhoudelijke resultaten koppeling: kritieke materialen in grondstoffen

In hoofdstuk vier worden inhoudelijk inzichten beschreven over de aanwezigheid van kritieke aardmetalen in materiaalstromen. Het rapport sluit af met conclusies, implicaties voor het ontwerp van het GRIS, mogelijke uitbreidingen en aanbevelingen voor het vervolg van het GRIS.

Relevant voor deze lezer zijn Bijlage D - F met meer achtergrond over vijf kritieke materialen (kobalt, koper, ijzer, Zeldzame Aardmetalen (ZAM) en nikkel), indicatoren voor materiaal kritikaliteit en ontwikkeling van andere databases met referentie naar kritieke materialen.

2 Methode koppelingsproces

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de informatie van de MM en de GSS naast elkaar wordt gelegd en hoe deze aan elkaar gekoppeld kunnen worden. Door ze te koppelen wordt er duidelijk in welke van de productgroepen in de Nederlandse economie die metalen en mineralen bevatten ook kritieke materialen aanwezig zijn, uitgedrukt in gram/Ton. De data uit beide datasets wordt handmatig gecombineerd. Dit proces wordt in dit hoofdstuk vastgelegd, zodat het kan worden herhaald en wellicht verbeterd wanneer er nieuwe data beschikbaar komt. In hoofdstuk 3 worden er lessen getrokken uit het maken van de koppeling en in hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de geleerde lessen over kritieke materialen in de Nederlandse economie.

2.1 Omschrijving datasets

2.1.1 *Materiaalmonitor (MM)*

De afgelopen jaren is bij het CBS steeds meer informatie over de circulaire economie (CE) beschikbaar gekomen, waarbij de MM centraal staat. De MM geeft een macro-economisch perspectief op de belangrijkste materiaalstromen van de Nederlandse maatschappij (van Berkel and Delahaye 2019). De dataset in de MM bestaat uit een aanbod- en gebruiktabel en beschrijft materiaalstromen van, naar en binnen de Nederlandse economie. De data worden weergegeven in miljoenen kilo's: het gaat dus om fysieke materiaalstromen. De methodiek van de MM werkt volgens de richtlijnen van het *System for Environmental Economic Accounting (SEEA)*, de internationale statistische standaard voor milieurekeningen (Hamilton 2015). Hierdoor sluiten de fysieke cijfers van de MM ook direct aan bij de monetaire cijfers van de nationale rekeningen en andere tabellen van de milieurekeningen. Met 140 bedrijfstakken, zoals de landbouw, chemische industrie, voedingsindustrie en huishoudens, dekt de MM de hele Nederlandse economie. Naast dit nationale perspectief wordt, door het opnemen van import- en exportdata, de interactie van de Nederlandse economie met het buitenland meegenomen. Tot slot komt de interactie tussen de economie en het milieu ook aan bod. De stromen van de verschillende goederen worden aangevuld met cijfers over broeikasgas emissies, afval en extractie van bijvoorbeeld aardolie, zand en gewassen. In totaal worden er bijna 400 goederengroepen onderscheiden, plus afval (residuen), gerecyclede materialen en producten, extractie van grondstoffen en emissies naar het milieu.

De MM geeft daarmee een beeld van het gewicht van belangrijke fysieke materiaalstromen binnen de Nederlandse economie, met het buitenland en met het milieu. Per bedrijfstak staan in de tabellen gedetailleerde cijfers over welke goederen er geproduceerd worden (aanbod), welke goederen gebruikt zijn in het productieproces (intermediair verbruik) en de consumptie van de goederen, maar ook welke materialen in het productieproces vrijkomen als afval en emissies. Per materiaalstroom, in de vorm van bijvoorbeeld een goederengroep, afvalstroom of emissie, staan er cijfers in de tabellen over waar deze stromen aangeboden worden of vrijkomen en waar ze worden gebruikt.

In de aanbod- en gebruiktabellen gelden een aantal balansen. Ten eerste is het totale aanbod van een materiaalstroom altijd gelijk aan het totale gebruik van diezelfde stroom. Dit betekent dat de materiaalstromen die geproduceerd of geïmporteerd worden altijd in de economie gebruikt worden (al dan niet geëxporteerd of geconsumeerd) of in het milieu terecht komen. Ten tweede is de totale productie binnen een bedrijfstak gelijk aan het totale gebruik. Daarmee is het rekeningstelsel volledig in balans.

De MM is voor een groot deel gebaseerd op de monetaire cijfers uit de aanbod- en gebruiktabellen van de nationale rekeningen. In de MM worden de cijfers uit de monetaire aanbod- en gebruiktabellen omgezet in fysieke cijfers (kilo's) met behulp van prijsinformatie uit verschillende bronnen waarvan de statistiek internationale handel en de Prodcod de belangrijkste zijn (van Berkel and Delahaye 2019). Doordat de MM gekoppeld is met de Nationale rekeningen en de internationale handelsstatistiek kan ook informatie over efficiëntie (toegevoegde waarde per kilo grondstof gebruik), werkgelegenheid en land van herkomst/bestemming verkregen worden. De Materialenmonitor is gekoppeld met microdata uit de internationale handel die de (indirecte) koppeling met de GSS mogelijk maakt.

Door het koppelen van andere datasets kunnen individuele stromen uitgewerkt worden waardoor als het ware 'ingezoomd' kan worden op delen van het de materiaalstromen zoals weergegeven in Figuur 3 voor meer gedetailleerde grondstof informatie.

De MM is beschikbaar voor tweejaarlijkse verslagjaren vanaf 2010. Voor dit project is de MM van 2016 gebruikt. Het detailniveau van de MM dat gebruikt wordt voor de koppeling is het op één na meest gedetailleerde niveau: het niveau zonder dat er data in zitten die geheimgehouden moeten worden. Dit is geen officieel vastgesteld publicatiebestand en moet als experimenteel worden beschouwd. De plausibiliteit van de uitkomst van de analyse op de detailtabel is de verantwoordelijkheid van de onderzoekers. De cijfers op dit niveau mogen alleen gebruikt worden voor analysedoeleinden en er mag niet aan gerefereerd worden als officiële CBS-data. Er moet naar worden verwezen als CBS-detaildata. Verdere informatie over de MM is te vinden in de bijlage (zie Bijlage B – GRIS MM metadata rapport).



Figuur 3 Sankey-diagram van materiaalstromen in miljard kilo in de Nederlandse economie via de MM (data van 2016) (van Berkel, Schoenaker et al. 2019)

2.1.2 Grondstoffenscanner (GSS)

De grondstofscanner is een dataset van TNO en EZK die 64 kritieke materialen koppelt aan ca. 2.400 productgroepen die deze geselecteerde materialen bevatten (zie Bijlage A – Kritieke materialen). Dit is het resultaat vanuit een studie gestart in 2015 en afgerond in 2017, uitgevoerd door TNO, over het gebruik van grondstoffen in Nederland en Europa en waar deze vandaan komen. Met de grondstoffenscanner (www.grondstoffenscanner.nl) kan een beleidsmaker en ondernemer ontdekken in hoeverre afhankelijkheid van grondstoffen een risico vormt voor zijn economie en zijn bedrijf. De data in de grondstoffenscanner heeft als peiljaar nu 2013. Er wordt momenteel gewerkt aan het verbeteren van de database, waarin het peiljaar 2018 wordt gebruikt (Materials 2021). Ook de enigszins oudere data uit 2013 die voor deze koppeling is gebruikt is wel nog steeds bruikbaar voor de koppeling, omdat het aandeel van kritieke materialen in producten die we gebruiken niet aan grote schommelingen onderhevig is (Bastein, Rietveld et al. 2014). Voor tijdreeksen van grondstofprijzen in de gebruikte GSS geldt dat de reeksen starten tussen 1900 en 1945.

Verdere informatie over de GSS is te vinden in Bijlage C – Metadata Grondstoffenscanner.

2.2 Technische beschrijving van het koppelingsproces

Voor de koppeling tussen de MM en de GSS is een script geschreven in R, dit heeft als voordeel dat het maken van de koppeling herhaalbaar en leesbaar is voor andere gebruikers. Zoals genoemd, hanteert de MM de nationale rekeningen classificatie van goederengroepen die gekoppeld is aan de internationale handelsclassificatie. De GSS dataset hanteert een andere goederengroep classificatie gebaseerd op de Internationale Handelsstatistiek in geharmoniseerde nomenclatuur (GN)-classificatie. Omdat de nationale rekeningen classificatie van de MM, wel indirect gekoppeld is aan de internationale handelsclassificaties die de GSS

gebruikt, is een indirecte koppeling met de nationale rekeningen (NR) indeling van de Materialenmonitor mogelijk. De technische achtergrond van deze koppeling wordt hieronder beschreven.

2.2.1 *Stap 1: GSS dataset koppeling met internationale handelsclassificatie*
In de eerste stap wordt er een koppeling gemaakt tussen de GSS-data en de internationale handelsdata van het CBS. In de handelsdata van het CBS zitten gegevens over goederen die in Nederland binnenkomen en uitgaan. De GSS-coëfficiënten worden vermenigvuldigd met het netto invoer gewicht (in kilogram) per goederengroep, beide met GN-classificatie. Het resultaat is een overzicht van de totale invoer per goederengroep en de hoeveelheid kritiek materiaal als onderdeel van een goederengroep volgens de internationale handelsclassificatie.

2.2.2 *Stap 2: Koppelen resultaat stap 1 met NR-classificatie*
Vervolgens wordt het resultaat van stap 1 wat nog in GN-classificatie is, geaggregeerd naar de NR-classificatie, met behulp van een bestaande koppeltabel van het CBS. De hoeveelheid kritiek materiaal (in kilogram) als onderdeel van een NR-goederengroep wordt gedeeld door de totale invoer van de NR-goederengroep (in kilogram). Dit resulteert in een nieuwe (gewogen) coëfficiënt kritiek materiaal als onderdeel van een goederengroep volgens de NR-classificatie.

Er wordt dus een gewogen gemiddelde berekend, waardoor er een nieuw coëfficiënt ontstaat per NR-goederengroep. Dit coëfficiënt is een gewogen gemiddelde van de GN-goederengroepen die onder dit coëfficiënt behoren. Een voorbeeld is de NR-goederengroep "personenauto's". Deze bestaat uit een aggregatie van 17 goederengroepen op GN-classificatie niveau, zoals gebruikte en nieuwe automobielen. In plaats van het gemiddelde te nemen van de 17 coëfficiënten, wordt er een gewogen gemiddelde berekend op basis van de invoer cijfers. Op deze manier weerspiegelt de berekende coëfficiënt op NR goederengroep niveau beter het aandeel van de verschillende goederengroepen op GN niveau. Het nieuwe coëfficiënt in NR-classificatie kan worden gebruikt om de koppeling met de MM te maken.

2.2.3 *Stap 3: Koppelen GSS aan MM*
In de laatste stap worden de nieuwe coëfficiënten toegepast op de bestaande aanbod- en gebruiktabellen uit de MM. Hierdoor wordt er per kritiek materiaal zowel een aanbod- als gebruiktabel gegenereerd. Om de tabellen overzichtelijk te houden zijn alle goederengroepen verwijderd waar de 64 kritieke materialen niet in voor komen (coëfficiënt met de waarde 0). Dit zijn bijvoorbeeld goederengroepen met agrarische producten zoals Tarwe, waar geen kritiek materiaal in zit. Dit resulteert in een tabel met 167 goederengroepen en zo'n 146 bedrijfstakken voor aanbodtabellen (inclusief import, huishoudens en accumulatie) en 148 bedrijfstakken voor de gebruiktabellen (inclusief export, wederuitvoer, huishoudens, voorraadvorming en accumulatie).

De aanbodtabel beschrijft het aanbod van kritiek materiaal als onderdeel van goederen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen binnenlandse productie door bedrijfstakken en invoer van al deze productgroepen. De gebruiktabel beschrijft het gebruik van kritieke materialen als onderdeel van goederen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen intermediair

verbruik door bedrijfstakken en finale bestedingen onderverdeeld in uitvoer, consumptieve bestedingen en investeringen. Ook is het mogelijk om dit verder te aggregeren naar 13 goederengroepen en 23 bedrijfstakken.

2.2.4

Controles

Het is belangrijk om de stappen in het proces op verschillende punten te checken, om er zeker van te zijn dat het script waarmee de datasets worden gekoppeld, klopt. De bovengenoemde drie stappen uit het koppelingsproces worden elk gevolgd door een handmatige controle in Excel. De berekening van de nieuwe coëfficiënten in NR-classificatie is volledig gecheckt (stap 1 en 2). De koppeling van de nieuwe coëfficiënten met de aanbod- en gebruiktabellen (stap 3), waarbij 128 tabellen gegenereerd worden, is vanwege de arbeidsintensiviteit van deze stap met een steekproef gecontroleerd. Een aantal kritieke materialen is in Excel uitgewerkt tot een aanbod- en gebruiktabel. De resultaten komen overeen met de resultaten uit het R-script.

In de volgende hoofdstukken wordt verder ingegaan op de lessen die zijn geleerd uit dit proces (hoofdstuk 3) en welke inhoudelijke conclusies kunnen worden getrokken over de aanwezigheid van kritieke materialen in materiaalstromen (hoofdstuk 4).

3 Lessen over koppeling van datasets

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op bevindingen over het koppelingsproces. Deze zijn belangrijk voor de vormgeving van het GRIS.

3.1 Software tools: iteratieve proces van keuzes

Het koppelen van datasets kan op meerdere manieren en met verschillende software tools worden uitgevoerd. In eerste instantie is er een deel in Microsoft Access uitgevoerd, maar als gevolg van een tal van beperkende factoren (geringe flexibiliteit, arbeidsintensiviteit) is er gekozen om een R-script te schrijven. Het gebruik van R is tevens open source en gratis. Mocht er een update van deze koppeling nodig zijn, dan kan dit script eenvoudig opnieuw worden uitgevoerd. De keuze voor een software tool blijft een iteratief proces. Van tevoren stond niet vast dat R of Microsoft Access gebruikt diende te worden. Gaandeweg blijkt of de gekozen software de gewenste resultaten levert op een efficiënte manier. In dit koppelingsproces bleek Microsoft Access wel in staat te zijn de gewenste resultaten te leveren, maar niet op de meest efficiënte manier (erg arbeidsintensief in stap 3). Voor volgende cases kan er opnieuw worden gekozen welke software tools het beste geschikt zijn op basis van de beschikbare expertise, rekencapaciteit, arbeidsintensiviteit en kosten van de software. Per project kan de keuze voor software tools verschillen en het is belangrijk om gedurende een koppeling de gekozen software te blijven evalueren. Op termijn kan er op basis van verschillende cases iteratief worden bepaald welke software of combinatie van software geschikt is voor de ontwikkeling van het GRIS.

3.2 Tabelstructuur aan te leveren data

De MM, internationale handelsdata en de GSS-coëfficiënten zijn in eerste instantie bewerkt binnen het R-script, voordat de koppeling kon worden uitgevoerd. Denk hierbij aan het opschonen en het bewerken van de datasets. Hierbij gaat geen informatie verloren, maar worden bronbestanden in een andere tabelstructuur omgezet waarmee de berekeningen efficiënt kunnen worden uitgevoerd in R. In het geval dat de koppeling succesvol en gevalideerd is, is het sterk aan te raden om voor de verschillende input bestanden ook een standaard format of tabelstructuur te ontwikkelen voor als er nieuwe versies van datasets worden aangeleverd. Deze afspraken kunnen worden gemaakt op basis van de koppeling en vervolgens worden aangehouden om volgende koppelingen te vereenvoudigen.

3.3 Controle datasets

Een bijkomend voordeel van een nieuwe datakoppeling is de controle van de datasets die als input data dienen. In het geval dat er uit de koppeling onverwachte resultaten komen, kan dat een indicatie zijn van gebreken in de achterliggende datasets en dus ook inzicht geven in mogelijke verbeteringen. Dit moet niet worden gezien in plaats van verificatie van de brondata door de eigenaar van de dataset, maar een aanvulling daarop. Het is een positief bijeffect van het koppelings

proces, waar andere analyses die met de brondata worden uitgevoerd uiteindelijk ook profijt van hebben.

In deze PoC is het voorgekomen dat er aan de hand van de resultaten van het koppelingsproces correcties zijn uitgevoerd op onjuistheden in de geleverde data, die daarvoor nog onbekend waren. De concrete controle in dit project is de plausibiliteitscheck op de "typical shares" (kg grondstof per ton productgroep), het kenmerkende aandeel van een grondstof in een bepaalde productgroep. De verwachting was dat tussen de 0,1% en de 10% van de wereldproductie per kritiek materiaal door de Nederlandse economie zou moeten stromen (Bastein and Rietveld 2015). Het bleek echter dat een aantal kritieke materialen een percentage boven de 100% toegedeeld kregen. Daarnaast kregen een aantal materialen een onwaarschijnlijk percentage toegedeeld. Een voorbeeld hiervan is uranium, met een percentage rond de 50%. Dit probleem kwam niet voort uit het koppelingsproces, maar wijst op onjuistheden in de onderliggende dataset. Over het algemeen kan gezegd worden dat het koppelen van de GSS dataset met de MM een nuttige manier is om controle/verificatie te doen op de accuratesse van de data. Hoe gedetailleerder de controle, hoe belangrijker het is om iemand met inhoudelijke kennis te betrekken, om de plausibiliteit te toetsen voor elk materiaal in de Nederlandse economie. Een data-analist kan de koppeling maken en deze controle aan een expert overlaten. Hierbij is nauwe samenwerking gewenst om in een iteratief proces tot betere resultaten te komen; zowel een betere gekoppelde database als betere individuele bron-datasets.

Het resultaat van de koppeling zijn aanbod- en gebruiktabellen per kritiek materiaal. Alleen NR- goederengroepen worden meegenomen, maar geen afvalproducten. Door het ontbreken van data over de productie en secundaire inzet van afval zijn de tabellen niet gebalanceerd (input is gelijk aan output) voor de sectoren. Oftewel, het kritieke materiaal dat een economisch sector ingaat (meestal verwerkt in producten) zal niet gelijk zijn aan de hoeveelheid kritiek materiaal dat een sector uitgaat. Afval en secundaire materialen zijn wel een onderdeel van de MM maar het valt buiten de scope van dit project om ook voor de secundaire materialen de kritieke materiaalinhoud te bepalen. Als deze materialen wel worden meegenomen dan zouden mogelijke andere inconsistenties in de cijfers aan het licht komen. Door middel van het gelijktrekken van de input en output kunnen deze inconsistenties worden rechtgezet.

De koppeling heeft aandachtspunten opgeleverd die voor de GSS-database onderhoud van belang zijn. Ten eerste worden van de ca. 5100 productgroepen jaarlijks tussen de 30 en 60 productgroepen opnieuw ingedeeld door het CBS. Dit betekent dat na een periode van vijf jaar meer dan 300 productgroepen een nieuwe code hebben gekregen. Meestal is het een kwestie van het aanpassen van de oude code. In enkele gevallen worden er mogelijk inhoudelijke nieuwe verdelingen gemaakt tussen productgroepen en de onderliggende producten. De in 2020 verrichte controle gaf echter aanleiding om de verdeling van productgroepen over verschillende nummers aan te passen. Het vervangen van oude codes voor nieuwe codes bleek afdoende.

Ten tweede heeft de koppeling laten zien dat het belangrijk is dat de eenheden goed zijn aangegeven en overal gelijk. Eurostat geeft jaarlijks een lijst met conversie getallen die het mogelijk maakt om de heterogene classificatie van gemelde goederen te homogeniseren. De meeste goederen worden in "kg" gerapporteerd, maar met name finale goederen worden ook in "stuks" gerapporteerd. In een eerdere versie van de koppeling werd er op stuks gerapporteerd, maar werd dit als kilo geïnterpreteerd. Zo ontstonden er afwijkingen in de resultaten die eerst moesten worden gecorrigeerd om een meer accurate koppeling mogelijk te maken. De conversie getallen maken het mogelijk om alle eenheden om te rekenen naar kg en ton.

Ten derde kan worden overwogen om in de toekomst de GSS data ook op 8-digit niveau te rapporteren, waarbij in eerste instantie de 6-digit typical shares (kg grondstof per ton productgroep) kunnen worden toegevoegd aan de 8-digit groepen. In de loop der tijd kan gericht onderzoek dan de typical shares specifiek maken voor de 8-digit productgroepen. Waar op 6-digit niveau de hele economie wordt beschreven door ca. 5100 productgroepen, ligt dit aantal voor 8-digit op ca. 9300. Het behoudt van 8-digit productgroepen maakt de koppeling beter omdat de meer gedetailleerdere informatie op 8-digitniveau het verifiëren van de typical shares makkelijker maakt.

In het algemeen kan gezegd worden dat het koppelen van GSS aan de MM een nuttige manier is om controle/verificatie te doen op de accuratesse van de GSS data. Tegelijkertijd kan de koppeling de MM data verbeteren. De controle kan nog uitgebreid worden door de input en output van de sectoren te balanceren.

3.4 Vertrouwelijkheid

Speciaal aandachtsgebied bij deze casestudy is de mate waarin de data naar het publiek getoond kan worden en hoe de afscherming van data werkt. In dit geval is om de koppeling te maken, gewerkt met een versie van de MM op een niveau die niet gepubliceerd wordt vanwege de vertrouwelijkheid. De koppeling zal dus 'achter de schermen' van een GRIS moeten worden gemaakt op basis van een vertrouwelijke versie van de MM. Alleen de resultaten van de koppeling zijn zichtbaar en bruikbaar voor de gebruikers van GRIS. Voor het koppelen van de MM en de GSS was het in dit geval niet nodig voor de onderzoekers om in een beveiligde omgeving onder een geheimhoudingsverklaring met de brondata zelf te bewerken, maar dit kan in andere gevallen wel nodig zijn. In de evaluatie gewasbeschermingsmiddelen, maken Europese toelatingsinstanties ook gebruik van vertrouwelijke gegevens uit de industrie (Tiktak, Bleeker et al. 2019).

De privacy gevoeligheid van de resultaten uit het koppelingsproces wordt op dit moment nog onderzocht. Op verschillende aggregatie niveaus moet worden vastgesteld of er vertrouwelijke informatie uit af te leiden is en wat de publicatie mogelijkheden zijn. Aan het begin van het project was niet voorzien dat de resultaten uit de koppeling mogelijk privacy gevoelige data zouden bevatten. Het probleem ontstaat als gevolg van het combineren van de GSS dataset en de MM. Dit genereert gedetailleerde data waarin de vertrouwelijkheid mogelijk geschaad

wordt van bedrijven die bijvoorbeeld een grote producent of gebruiker zijn van een kritiek materiaal. Data over bijvoorbeeld ijzeraanbod kan worden teruggeleid naar de beperkte aantal bedrijven die ijzer produceren. Mogelijke oplossingen zouden kunnen zijn om enkele materialen te aggregeren of buiten beschouwing te laten. Dit heeft wel gevolgen voor de bruikbaarheid van de resultaten en de waarde van koppelingen binnen het GRIS, aangezien deze nieuwe en gedetailleerde inzichten het doel van deze PoC zijn.

3.5 Conclusies

Met de casestudy is de technische haalbaarheid van een datakoppeling binnen het GRIS getoetst en dit heeft als PoC waardevolle inzichten opgeleverd. Met behulp van een nieuw ontwikkeld R-script zijn in drie stappen voor 64 kritieke materialen aanbod en gebruiktabellen geproduceerd. Het resultaat zou in de toekomst eventueel nog verbeterd kunnen worden door het toepassen van bedrijfstak specifieke data voor de GSS-coëfficiënten en het balanceren van de input en output per sector. Dit kan worden gezien als fine-tuning en zal voor de meeste materialen een geringe verbetering opleveren.

Belangrijker in de context van dit rapport zijn echter de algemene leerpunten. Datakoppeling blijft een iteratief proces en flexibiliteit is gedurende de datakoppeling nodig. Het softwarepakket R had in dit project de voorkeur, maar zal niet in alle gevallen de beste keuze zijn. Factoren zoals de specificaties van de brondata, complexiteit van de koppeling en het doel van het onderzoek moeten worden meegewogen bij de keuze voor de meest geschikte software.

Daarnaast zijn goede afspraken tussen betrokken partijen omtrent de data leveringen en het beoogde resultaat belangrijk bij het opnieuw uitvoeren van een koppeling. Zo kunnen er op basis van de benodigde tabelstructuur uit een eerste koppeling, afspraken worden gemaakt over de tweede koppeling, waardoor deze tweede koppeling minder tijd zal kosten. Ook zijn er afspraken nodig zodat er voldoende tijd en ruimte is binnen het project voor interactie tussen de betrokken partijen. Het proces maakt ook fouten in de bron-data inzichtelijk. Sleutelen aan de bron-data kan echter veel tijd met zich meebrengen en zo zorgen voor vertraging. Om dit beheersbaar te houden is het verstandig een vast budget te reserveren voor afstemming hierover. Wanneer dit budget is uitgeput, kan worden geëvalueerd of verder verbeteren van de brondata nog de moeite waard is. Voor deze casus waren er van te voren afspraken gemaakt in het projectvoorstel over de verantwoordelijkheden van elke partij. Ook was het risico expliciet gemaakt dat de datasets van beide partijen niet goed koppelen, wat extra kosten en vertraging met zich mee kon brengen. De afspraak om hierover tijdig overleg te voeren was voldoende en uiteindelijk is de koppeling goed gegaan. Dit iteratieve overlegproces zorgt ervoor dat het koppelingsproces efficiënter verloopt, doordat de koppeling zelf op tijd kan worden bijgestuurd en de verwachtingen van de verschillende partijen kunnen worden bijgesteld.

4 Inhoudelijke reflecties

De koppeling van de datasets heeft niet alleen inzichten opgeleverd over wat er nodig is voor het technisch mogelijk maken van de koppeling van de data. Naast het maken van de koppeling en distilleren van de geleerde lessen voor het ontwerp van een GRIS, is er ook gekeken of er inhoudelijk nieuwe conclusies kunnen worden getrokken over de aanwezigheid van Kritieke materialen in materiaalstromen in de Nederlandse economie. De relevantie van de koppeling van de GSS data van 64 kritieke materialen (zie Bijlage A – Kritieke materialen) aan de MM wordt geduid voor een vijftal voorbeeldmetalen: koper, kobalt nikkel, Zeldzame Aardmetalen (ZAM) en ijzer. In Bijlage D - Achtergrond bij kobalt, koper, ijzer, ZAM, nikkel - is te vinden wat voor soort materialen dit zijn en in welke sectoren ze het meest worden gebruikt. De duiding voor de vijf kritieke materialen wordt gedaan door de algemene ontwikkelingen en toepassingen in de wereld te schetsen en te analyseren hoe het gebruik van productgroepen waar deze voorbeeldmetalen in zitten zich verhoudt tot de totale wereldeconomie.

Het belangrijkste inzicht dat de koppeling heeft opgeleverd is welke sector welk kritiek materiaal inkoop en gebruikt (en in welke mate).

4.1 **Vergelijkingen kobalt, koper, ijzer, ZAM, nikkel**

Door de koppeling van de GSS met de MM is in één oogopslag zien in welke mate kobalt, koper, ijzer, ZAM en nikkel verbonden zijn met sectoren die belangrijk zijn voor Nederland en hoe deze sectoren zich verhouden tot enkele andere nationale economieën.

4.1.1 *De Nederlandse economie*

De gebruiktabel uit de MM geeft het gebruik van productengroepen weer in de Nederlandse economie (zie Tabel 1). Dit gebruik is onderverdeeld in enkele categorieën. Het gebruik door bedrijven in hun (waarde verhogende) economische activiteiten, export, investeringen in kapitaalgoederen (machines, gebouwen voertuigen) en finale consumptie door overheden en huishoudens. De verdeling van de (groep van) vijf grondstoffen over het gebruik van de (samengestelde) SBI-2 sectoren ziet er als volgt uit:

Tabel 1 Aandeel van totaal kritiek materiaal gebruik in de Nederlandse economie per productgroep uitgedrukt in percentage op basis van gewicht (oranje gearceerd zijn van hoge Toegevoegde Waarde (TW) of groot economisch belang voor Nederland (CBS 2019))

SBI code	Productgroepen NL economie	Kobalt	Koper	IJzer	ZAM	Nikkel
8	Delfstoffenwinning & olie en gas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10-12	Voedingsmiddelenindustrie, Tabak, Drank,	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
13-15	Textiel-, kleding-, lederindustrie	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
16	Houtindustrie	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
17	Papierindustrie	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
18	Grafische industrie	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
19	Aardolie-industrie	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
20	Chemische industrie	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
21	Farmaceutische industrie	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
22	Rubber- en kunststofproductindustrie	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
23	Bouwmaterialenindustrie	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
24	Basismetalaalindustrie	0.0%	60.3%	69.4%	0.0%	85.3%
25	Metaalproductenindustrie	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	1.3%
26	Elektrotechnische industrie	0.3%	0.0%	0.1%	0.3%	0.0%
27	Elektrische apparatenindustrie	0.0%	1.6%	0.1%	7.2%	0.0%
28	Machine-industrie	2.6%	10.4%	1.3%	9.3%	0.0%
29	Auto- en aanhangwagenindustrie	97.0%	5.1%	12.5%	83.1%	12.8%
30	Overige transportmiddelenindustrie	0%	0%	0%	0%	0%
31-32	Meubelindustrie en overige industrie	0%	0%	0%	0%	0%
33	Reparatie en installatie van machines	0%	0%	0%	0%	0%
35	Energiebedrijven	0%	0%	0%	0%	0%
36	Waterleidingbedrijven	0%	0%	0%	0%	0%
37-39	Riolering, afvalbeheer en sanering	0%	22%	15%	0%	1%

Het valt op dat het aandeel metaal in de delfstoffenwinning verwaarloosbaar klein is. Dit komt doordat de meeste kritieke metalen verwerkt in halffabricaten en eindproducten de Nederlandse economie binnenkomen; de Nederlandse delfstoffenwinning is hoofdzakelijk gericht op bulk bouwmaterialen. Wat verder opvalt is het grote aandeel van de "Auto- en aanhangwagenindustrie" in het gebruik van kobalt en ZAM. Dit komt voort uit het feit dat deze productgroep sowieso een belangrijk deel van het metaalgebruik opeist. Daarnaast geldt voor Nederland dat er veel auto's als exportproduct door Nederland stromen (CBS 2021). Het aandeel ijzer, koper en nikkel in de basismetalaal is evident en logisch. Daarnaast is voor koper en ijzer een significante stroom "schroot" waar te nemen in de percentages voor sectoren 37-39. De verdeling van metalen over deze relatief ongedetailleerde sectoren laat wel zien dat op dit detailniveau het aandeel van kritieke materialen in productgroepen soms nog moeilijk op waarde te schatten is. De waarde van het gebruik van de grondstoffen in chemische industrie, metaalproducten of elektronica is niet goed in massa uit te drukken. Ook

is de massa van bijvoorbeeld kritieke materialen zoals ZAM, moeilijker te vergelijken met kritieke materialen die meer gewicht hebben zoals ijzer. De vergelijking met vitamines gaan op: deze zijn weliswaar qua gewicht verwaarloosbaar in een menselijk lichaam maar voor de goede werking van dat lichaam evengoed essentieel.

4.1.2 *Vergelijking met andere landen*

Ook is het interessant om voor de SBI-2 sectoren te kijken of de Nederlandse economie minder of meer blootgesteld is aan risico's van leveringszekerheid (zie Tabel 2). Vanuit een multiregionale aanbod- en gebruiktabellen voor de wereld (WIOD) kunnen we de verdeling van het gebruik van kritieke materialen van productgroepen door de economie van verschillende landen naast elkaar zetten (Timmer, Dietzenbacher et al. 2015). Het is wel belangrijk om te vermelden dat het WIOD monetaire data gebruikt en geen hoeveelheden zoals in de MM. Relevant is daarnaast dat het gebruik hier exclusief wederuitvoer en doorvoer is. Het grote aandeel auto's (C29, tabel 2) dat door Nederland stroomt vertaalt zich dus niet in een hoog percentage gebruik van kritieke materialen. Voor Nederland ligt het gebruik op 0,5% tegen 6,3% in bijvoorbeeld Duitsland, waar auto's daadwerkelijk geproduceerd worden. Een relevantie voor Nederland komt naar boven op het kruispunt van de chemie, elektronica en machinebouw (C20, 26 en 28 respectievelijk) en het gebruik van kobalt, koper en ZAM. Deze sectoren zijn bovenmatig van belang in de Nederlandse economie op basis van de bruto toegevoegde waarde en hebben een relatief hoog aandeel van het gebruik van die kritieke grondstoffen (CBS 2019).

Een relevantie die niet naar voren komt in deze tabel is het gebruik van productgroepen door sectoren in de vorm van kapitaal. Zo wordt het gebruik van machines en machineonderdelen door de voedselindustrie (van Nederland ook bovenmatig van belang) niet vertaald in de relevantie van de metalen in die machines voor de voedselindustrie (CBS 2019). Dit komt omdat de investeringsgoederen die een bedrijf doet in de MM niet bij het bedrijf worden geregistreerd, maar in de kolom investeringen of accumulatie terecht komen. Om verder inzicht te krijgen in welke bedrijven afhankelijk zijn van welke soort machines in het productieproces, moet de investeringskolom in de MM verder worden uitgesplitst naar sectoren. Hiervoor is een aparte investeringsstatistiek nodig die dan moet worden gekoppeld aan de MM.

Tabel 2 aandeel (%) van het gebruik van de som van vijf kritieke materialen voor productgroepen als input in verschillende nationale economieën ten opzichte van totaal gebruik kritieke metalen per nationale economie, in USD \$ voor 2014 (oranje gearceerd zijn van hoge Toegevoegde Waarde (TW) of groot economisch belang voor Nederland (CBS 2019))

SBI/ ISIC	Omschrijving	NLD	DUI	FRA	BEL	VK	VS	Wereld
B	Mining and quarrying (including oil and gas)	1.7	0.2	0.1	0.1	1.3	2.2	3.7
C10- C12	Manufacture of food products, beverages and tobacco products	5.1	3.5	4.1	4.7	2.8	3.1	4.3
C13- C15	Manufacture of textiles, wearing apparel and leather products	0.3	0.4	0.4	0.6	0.4	0.3	1.7
C16	Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture; manufacture of articles of straw and plaiting materials	0.2	0.5	0.3	0.4	0.2	0.3	0.6
C17	Manufacture of paper and paper products	0.5	0.7	0.4	0.5	0.4	0.6	0.6
C18	Printing and reproduction of recorded media	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3
C19	Manufacture of coke and refined petroleum products	2.6	1.5	1.3	4.3	0.9	2.6	2.4
C20	Manufacture of chemicals and chemical products	3.6	2.6	1.8	4.0	1.1	1.9	2.6
C21	Manufacture of basic pharmaceutical products and pharmaceutical preparations	0.5	0.9	0.7	1.7	0.7	0.7	0.8
C22	Manufacture of rubber and plastic products	0.6	1.4	0.8	0.6	0.7	0.7	1.1
C23	Manufacture of other non-metallic mineral products	0.4	0.8	0.6	0.9	0.5	0.4	1.2
C24	Manufacture of basic metals	0.6	1.9	0.9	2.3	0.6	0.9	2.8
C25	Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment	1.4	2.4	1.3	1.4	1.1	1.2	1.5
C26	Manufacture of computer, electronic and optical products	2.2	1.4	0.6	0.4	0.8	1.2	2.5
C27	Manufacture of electrical equipment	0.5	1.9	0.5	0.4	0.4	0.4	1.5
C28	Manufacture of machinery and equipment n.e.c.	2.0	4.5	1.0	1.1	1.1	1.3	2.2
C29	Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers	0.5	6.3	1.4	2.0	1.6	1.9	2.8
C30	Manufacture of other transport equipment	0.6	0.8	1.6	0.2	1.0	1.1	0.9
C31_ C32	Manufacture of furniture; other manufacturing	0.7	0.9	0.4	0.4	0.6	0.8	0.8
C33	Repair and installation of machinery and equipment	0.7	0.7	1.4	0.5	0.4	0.1	0.2
D35	Electricity, gas, steam and air conditioning supply	1.4	2.4	2.8	1.7	3.2	1.3	3.3
E36	Water collection, treatment and supply	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2
E37- E39	Sewerage; waste collection, treatment and disposal activities; materials recovery; remediation activities and other waste management services	0.6	0.9	0.7	1.0	0.8	0.3	0.3
	Rest of the economy	72.9	62.8	76.3	70.1	78.9	76.4	61.7

Bij nader onderzoek van de brondata voor Tabel 1 en 2, bleken er ook nog merkwaardige getallen tussen te zitten. Zo werd er op een lager detail niveau gevonden dat ferrobuizen voor maar een laag percentage uit ijzer bestaan. Dit kan niet kloppen. In de ervaring zijn fouten vaak de gevolgen van procedurele of operationele fouten en niet de algemene aanpak van de methodiek. De kwaliteit van de getallen kan verder worden verbeterd aan de hand van gerichte vragen waarvoor de methode en getallen worden gebruikt. Een verbeteringslag voor deze uitgevoerde analyse is om de vernieuwde versie van de grondstofscanner gebruiken in plaats van de in deze studie toegepaste oude versie. Voor dit PoC zijn niet alle getallen van de analyse gecontroleerd, maar als in het vervolg deze analyse wordt gebruikt voor het beantwoorden van kennisvragen wordt het aanbevolen dit wel te doen.

4.2 Indicatoren kritieke materialen: Ontwikkelingen tussen 2012 en 2018

In deze paragraaf kijken we hoe de koppeling van data over kritieke materialen met productgroepen inzicht kan geven in leveringszekerheid door het afleiden en gebruik van indicatoren voor de mate waarin een materiaal kritiek is op jaarbasis. Om een beeld te kunnen geven van het risico dat economische sectoren lopen om getroffen te worden door issues met leveringszekerheid moeten verschillende indicatoren voor kritieke materialen apart bekeken moeten worden: (1) het verloop van productieconcentratie of mijnbouw in bronlanden, (2) het verloop van de kwaliteit van bestuur van bronlanden aan de hand van de World Governance Index, (3) de mate waarin exportrestricties worden gehanteerd en (4) de mate van toepassing van gerecycled materiaal (Bastein and Rietveld 2015). In Bijlage E wordt ingegaan op deze indicatoren en op de achtergrond van eventueel geconstateerde verschuivingen per indicator en wordt er gekeken naar hoe de kritikaliteitscores in zijn geheel zijn veranderd in recente jaren.

4.3 Beleidsrelevantie inhoudelijke inzichten

De afhankelijkheid van grondstoffen voor internationaal competitieve sectoren is door de koppeling van de GSS en MM vastgesteld. Daarnaast laat de analyse zien dat de concentratie van winning voor sommige metalen is toegenomen en de betrouwbaarheid van een aantal bronlanden is afgenomen. Daarbij is in 2020 een ongekende druk op internationale leveringsketens ontstaan door het verschijnen van het COVID-19 virus, die kwetsbaarheden in die keten heeft blootgelegd, zoals afhankelijkheid van bepaalde onderdelen (Fonseca and Azevedo 2020). De koppeling geeft dus beleidsrelevante informatie. Op basis daarvan kan worden nagedacht over wat een overheid op nationaal of Europees niveau kan doen. De beleidsrelevantie van de koppeling van de GSS aan de MM wordt hieronder beschreven per doelgroep waarin leveringszekerheid een rol speelt.

Doelgroep: gericht op beleidsmakers, Midden en Klein Bedrijf (MKB) en branche organisaties. Niet op multinationals.

De GSS is ontwikkeld voor overheden, MKB en brancheorganisaties. Deze partijen hebben behoefte aan algemeen inzicht in technologie, producten en grondstoffen. Ze bezitten, in tegenstelling tot

multinationals, vrijwel nooit de middelen om zelfstandig de informatie in hun organisatie te beheren op het gewenste schaalniveau. Een MKB weet in de meeste gevallen goed welke kritieke materialen in hun eigen inkoop en processen omgaan, maar deze kennis kan moeilijk buiten de operaties van het eigen bedrijf worden uitgebreid: de afhankelijkheden in hun productieketen. Grote bedrijven hebben doorgaans beter zicht en invloed op hun keten (Bastein and Rietveld 2015). De beleidsrelevantie van de koppeling van de GSS aan de MM zal naar verwachting dezelfde doelgroep hebben als de GSS. Deze doelgroep heeft bijvoorbeeld behoefte aan:

- Omschrijving van enkele belangrijke specifieke productgroepen rond een productcluster die belangrijk is in de transitie naar een circulaire economie en duurzame energie voorziening. Voorbeelden van een productcluster zijn PV panelen, windturbines, elektromotoren, batterijen, isolatiemateriaal, coatings, lichtgewicht constructiemateriaal, installaties etc.
- Zicht op bronlanden die horen bij deze productgroepen.
- Zicht op grondstoffen/chemische elementen die in deze productgroepen aanwezig zijn.
- Zicht op samengestelde indicatoren over mens en milieu die horen bij de bronlanden.
- Prijsontwikkelingen en exportrestricties die horen bij deze productgroepen.

Focus op leveringstijden

Het probleem van leveringszekerheid voor bedrijven spitst zich toe op onzekerheden in leveringstijden. Dit probleem moet via brancheverenigingen bij overheden worden neergelegd om op het gebied van handelsvoorwaarden en (internationale) logistiek te kijken of oplossingen buiten het bedrijf gezocht kunnen worden. De ervaring leert dat bedrijven niet graag over kwetsbaarheden in de leveringsketen spreken vanwege de concurrentiegevoeligheid. Deze eigenschap maakt het probleem van leveringszekerheid moeilijk grijpbaar. Het is dus des te belangrijker wanneer er betrouwbare publieke informatie is over grondstofgebruik in producten om "weak signals" betreft kwetsbaarheid op waarde te kunnen schatten. De verschuiving per jaar van het gebruik van zowel de grondstof als de producten waar de grondstof in gebruikt is, is te karakteriseren als een weak signal. Deze verschuiving is accuraat te beschrijven dankzij de koppeling van de GSS en MM. Leveringsonzekerheid kan ook de urgentie voor een circulaire economie versterken en terugwinning van kritieke materialen door bijvoorbeeld recycling.

Focus op competitiviteit

Overheden en tal van maatschappelijke organisaties en kennisinstellingen (VNP-NCW, NWO, SER, FME, TNO) richten zich op het innovatie klimaat van Nederland (Bakker, Bree et al. 2017). De focus op vestigingsvoorwaarden en strategie in relatie tot grondstoffen is op dit moment nog niet sterk. In toenemende mate wordt in Nederland en de EU echter de link gelegd tussen stabiele aanwezigheid van grondstoffen en de economische activiteit die ontwikkeld kan worden vanwege deze aanwezigheid. Het betreft hier nadrukkelijk ook producten die reeds op de markt zijn, zodat de grondstoffen te beschouwen zijn als onderdeel van de urban mine. Een begrip van de relatie tussen producten

(voorraden) en grondstoffen die de koppeling van MM en GSS biedt is een relevante aanvulling op de informatie voor onderzoek en monitoring naar innovatie zoals binnen het Europese CE action plan (Commissie 2020).

Focus op toenemende aandacht voor “responsible sourcing”

In toenemende mate worden bedrijven van alle grootte klassen gevraagd om verklaringen af te leggen over de herkomst van goederen en grondstoffen. De recente EU regulering op dit gebied vraagt in toenemende mate ook om wettelijk bewijs (Commissie 2020).

Daarnaast zijn tal van organisaties op eigen initiatief bezig om de omstandigheden voor mens- en milieu acceptabel te maken voor de maatstaven die Westerse overheden graag zouden willen handhaven. Een voorbeeld is het metaalconvenant (International 2019).

De kosten om de benodigde data te verzamelen voor deze doeleinden zal naar verwachting toenemen, omdat de geleverde informatie thans nog bijna altijd niet voldoet aan de responsible sourcing richtlijnen. De koppeling van de GSS en MM kan helpen om prioriteiten te stellen in investeringen van bedrijven en overheden in het op niveau krijgen van de informatie rond responsible sourcing. Bedrijven moeten keuzes maken ten aanzien van de omvang van hun jaarlijkse rapportages, het aanschaffen van specifieke data die op de commerciële markt wordt aangeboden (bijvoorbeeld t.a.v. specifieke bedrijven, productlocaties, wetgeving), het opzetten van functies binnen bedrijven etc. Het mag duidelijk zijn dat al deze zaken gepaard gaan met uitgaven die veel bedrijven en de overheid zorgvuldig willen afwegen. Het kunnen verder identificeren van productgroepen waar Nederland bovenmatig gevoelig is voor leveringonzekerheid, is noodzakelijk. Dit vraagt aanvullend onderzoek op basis van verbeterde brondata. Zo kunnen overheden en brancheorganisaties de bedrijven helpen om de investeringen efficiënt te maken.

5 Discussie en conclusie

Om de CE in 2050 te realiseren is het nodig de koers van de transitie te kunnen volgen, evalueren en bijsturen. Hiervoor is data nodig over grondstofstromen, grondstofvoorraden en de effecten van het gebruik of mens en milieu. Het GRIS heeft als doel deze data bijeen te brengen, te binden, te beschouwen en beschikbaar te maken. Het GRIS wordt in meerdere fases ontwikkeld en dit rapport behoort tot de eerste fase van het uitwerken van het GRIS waarin wordt gewerkt aan een Minimal Viable Product (MVP). Dit rapport is specifiek ingegaan op de case studie om twee datasets over grondstofstromen met elkaar te binden of te koppelen. Deze koppeling heeft als doel om te experimenteren met hoe een koppeling in het GRIS uiteindelijk kan functioneren. Het onderzoek is een Proof of Concept (PoC) van het koppelen van bestaande datasets en onderzoekt de meerwaarde ervan. De volgende onderzoeksvragen zijn geformuleerd:

1. Technische randvoorwaarden GRIS: wat komt erbij kijken? Welke infrastructuur en datastructuur is nodig.
2. Procesmatige randvoorwaarden GRIS: welke stappen moeten worden doorlopen, welke expertise is nodig, hoe moet deze worden betrokken, welke afspraken over vertrouwelijkheid zijn nodig om data aan derden ter beschikking te stellen, hoeveel tijd is nodig?
3. Wat het koppelen aan waarde oplevert: levert de koppeling van data nieuwe inzichten op die een meerwaarde zijn voor het GRIS en monitoring van de CE?

In dit hoofdstuk worden conclusies getrokken over deze drie vragen, over de implicaties voor het ontwerp van het GRIS en over mogelijke uitbreidingen van de onderzochte koppeling (5.1). Tot slot worden er aanbevelingen gedaan voor het koppelen van datasets in de context van het GRIS en het verkrijgen van inzicht in een transitie naar een circulaire economie (5.2).

5.1 Conclusies

5.1.1 *Conclusies technische en procesmatige randvoorwaarden*

Uit deze PoC zijn conclusies getrokken over procesmatige en technische aspecten die nodig zijn voor het GRIS om koppelingen tussen databases te kunnen faciliteren. Het koppelen van informatie is een **iteratief proces** waarin de juiste stappen om de data op te schonen of te bewerken en de benodigde software in verschillende cycli worden ontdekt. Het koppelen van datasets via GRIS bleek niet alleen waardevol voor de potentiële gebruikers van het GRIS, maar ook voor de houders van de datasets. Bij het koppelen van de datasets bleek dat dit aanleiding was om de bestaande databases te verbeteren. Het proces van koppelen heeft dus niet alleen een verificatie van de nieuwe informatie, maar ook een verificatie van de broninformatie in zich. Het iteratieve proces kan vertraging met zich meebrengen, als er tijdens het proces van koppeling fouten of inconsistenties worden gevonden in de originele datasets.

Om informatie te koppelen moeten ze op eenzelfde manier zijn **geclassificeerd** of ingedeeld. Als dit niet het geval is kan of de informatiebron worden aangepast of een bestaande koppeltabel worden gebruikt of een nieuwe ontwikkeld. Deze dienen dan vervolgens ook te worden ontsloten en bij updates te worden onderhouden. Breed gebruikte indelingen en codelijsten, maken het eenvoudiger om datasets te combineren. Door gebruikte indelingen en koppeltabellen te ontsluiten, kunnen deze opnieuw worden toegepast in andere koppelingen zowel binnen als buiten het GRIS. Op termijn kunnen er bepaalde classificaties als standaarden worden gekozen op het gebied van dataverzameling voor een CE. Betreft classificering van data wordt vanuit het GRIS ook ontwikkelingen bij bijvoorbeeld de EU gevolgd.

Een andere belangrijke les uit de PoC is dat voor een goede koppeling zowel kennis over data-analyse en programmeren als over circulaire economie vereist is om de koppelingen te kunnen maken. Deze **inhoudelijke kennis** over het onderwerp kan bij een persoon of bij een team van mensen aanwezig zijn. In het geval van de case studie binnen dit onderzoek bleek specifieke kennis van kritieke materialen nodig om het resultaat van de koppeling te kunnen verifiëren. Zo was in dit geval expertise nodig om te zeggen dat het aandeel kritieke materialen tussen de 1 en 10 procent zou moeten liggen. Deze inhoudelijke kennis zal altijd nodig blijven binnen het GRIS. In de opstartfase zal expertise van extra belang zijn om nieuwe onverwachte uitkomsten te traceren en de gekoppelde data te verifiëren. Als dezelfde datasets meerdere jaren achtereen steeds opnieuw wordt gekoppeld met steeds de laatste versie van de data, zullen zich allicht wel minder fouten of opmerkelijke zaken voordoen in de fase van verificatie. Toch zal inhoudelijke expertise ook in meer vergevorderde stadia van belang blijven om vreemde resultaten op te merken en te adresseren met de nodige kwaliteitsverbetering van de bron data en de gekoppelde data als gevolg. Dit proces van verificatie wordt bij volwassen monitoringssystemen zoals de Emissieregistratie nog altijd jaarlijks rigoureus toegepast.

In de verkenning van het GRIS worden meerdere **IT systeem ontwerpen** van het datasysteem voorgesteld (van der Maas, Ruysenaars et al. 2019). Het laagste ambitieniveau is dat van een tabellenboek bestaande data bijeenbrengt en linkt naar methodebeschrijvingen zoals in dit rapport. Een hoger ambitieniveau is een dataplatform waarin gegevens via een **API** (Application Programming Interface) worden aangeboden. In de verkenning werd verwacht dat een dergelijke automatische dynamische koppeling de mogelijkheid zou bieden om te werken met APIs en dit mechanisme verder te verfijnen waar mogelijk. Dit API-protocol zou dan ook meta-informatie bevatten over de inhoud van de dataset. Er is gedurende de koppeling ook verkend of het maken van een API nuttig zou zijn. De PoC laat zien dat een API voor dit type datasets niet de investering waard is. Dit is met name zo, omdat de datasets van de PoC niet vaker dan een keer per jaar worden vernieuwd. Wanneer nieuwe datasets beschikbaar zijn, kan de koppeling geautomatiseerd worden gedaan en de vernieuwing worden ontsloten. Het beschikbaar stellen van nieuwe versies kan handmatig worden gedaan, of met een bestaand versiebeheersysteem zoals GitHub. Een API levert gezien kosten en inspanning om deze te bouwen, momenteel geen meerwaarde in een

GRIS voor de koppeling van deze datasets. Een API zou op termijn wel gebruikt kunnen worden om informatie vanuit het GRIS eenduidig naar buiten te brengen of als er databases worden gekoppeld die frequenter worden geüpdatet.

Voor het succes van GRIS is het belangrijk dat **verbeteringen** in de achterliggende datasets ook direct worden gepubliceerd in het GRIS. Voor versiebeheer kunnen steeds nieuwe sets worden toegevoegd en hoeven ze niet de oude te vervangen. Oudere versies kunnen zo beschikbaar blijven om iets te zeggen over trends of fouten te corrigeren. Het is gewenst dat gebruikers weten dat ze toegang hebben tot de meest recente data, daar een zo compleet mogelijk overzicht van hebben van de data in de best beschikbare kwaliteit.

5.1.2 *Conclusies voor de ontwerpfase van het GRIS*

Voor de verdere ontwikkeling van het GRIS, is het van belang dat partijen voldoende **tijd en middelen** krijgen om relevante koppelingen te identificeren en dan ook samen te werken om deze te maken. Naast het ontsluiten van de datasets en de koppeling, of dit nu op het ambitieniveau van een tabellenboek of een dataplatform wordt gedaan, is het van belang dat de **metadata** beschikbaar is. In dit geval blijkt metadata over de MM en de GSS apart omschreven voldoende te zijn (zie Bijlage B – GRIS MM metadata rapport en Bijlage C – Metadata Grondstoffenscanner). Via deze rapportage is een gedetailleerde omschrijving van de koppeling ook beschikbaar is en blijft voor alle versies van de databases die via het GRIS worden ontsloten.

Er zal samen met gebruikers en data-leveranciers moeten worden gekeken welke metadata en welke brondata nodig en nuttig zijn voor de transitie naar CE, en met data-leveranciers welke brondata en metadata kunnen worden ontsloten in het licht van vertrouwelijkheid. Dit moet bij elke nieuwe koppeling opnieuw worden bepaald omdat een bepaalde koppeling gevoelige data aan het licht kan brengen, terwijl andere koppelingen dit niet doen. De datasets die zijn gegeneerd voor de koppeling binnen het PoC, kunnen vanwege **datavertrouwelijkheid** niet worden ontsloten. Aanbod- en gebruiktabellen voor gebruik van kritieke materialen zoals ijzer, kunnen niet worden ontsloten op het meest gedetailleerde niveau. Voor verdere ontwikkeling van het GRIS zal moeten worden nagedacht hoe zoveel mogelijk relevante data aan gebruikers beschikbaar kan worden gesteld, zonder dat de data kan worden tot individuele partijen waar de data over gaat. Een oplossing voor een dergelijk probleem, zal per koppeling verschillen. Zo kan er een toestemmingsstap wordt toegevoegd, waarin eigenaren van vertrouwelijke bron-data toestemming kan worden gevraagd voor het inzien van de data voor specifieke doeleinden. Ook kan data worden ontsloten op een hoger aggregatieniveau dan de bron-data, waardoor bijvoorbeeld privacy gevoeligheid verval. Door aggregatie kan het echter ook zijn dat niet dezelfde detail-analyses mogelijk zijn. Ook kan er worden gekeken naar het gebruik van blockchain, waar Rijkswaterstaat al pilots mee doet in het kader van het monitoren van grondstoffen gebruik (Grond, Smeitink et al. 2020).

Belangrijk voor het vervolg van het GRIS, is dat er tijd en middelen beschikbaar zijn voor een groep van experts om bij elkaar te komen en samen te identificeren welke koppelingen relevant kunnen zijn en deze koppelingen uit te voeren en te ontsluiten. Zonder dit **platform** blijven organisaties meer binnen hun eigen silo. Deze opdracht heeft ertoe geleid dat ook experts beter zijn gaan begrijpen welke data andere organisaties hebben, dat meer samenwerking nodig is en hoe dit kan worden georganiseerd. Voor het identificeren van koppelingen kan ook nauw worden samengewerkt met beleid, om de belangrijkste vragen waarvoor koppelingen nodig zijn te identificeren. Zo ontstaat er naast een technisch systeem een samenwerkingsverband, met een coördinerende partij die data en mensen bij elkaar brengt en waar alle partijen voordeel opdoen uit de kennis die wordt gegenereerd. Dit is ook een belangrijk onderdeel van bijvoorbeeld de Emissieregistratie (RIVM 2010).

Hieronder volgt een overzicht van de processtappen die moeten worden doorlopen bij het maken van een Plan van Aanpak voor een specifieke koppeling. Dit is een grove inschatting gebaseerd op het maken van één koppeling. Mogelijk ziet dit er anders uit voor andere datasets.

Tabel 3 Plan van Aanpak voor een specifieke koppeling, inclusief stappen, wie bij welke stap betrokken is en het percentage van de totale kosten.

Stap datakoppeling	Wie	Kosten
1. Inventarisatie beschikbare datasets, inschatting nut van koppeling	Breed expert team uit verschillende organisaties	10%
2. Inhoudelijke analyse data, koppeltabellen, opstellen plan voor koppeling data	Data analist, inhoudelijke experts brondata, GRIS team	5%
3. Iteratief proces van koppeling: aantal cycli van koppelen, verifiëren van data, verbeteren mogelijke fouten en verbeterpunten in moeder datasets	Experts van brondata & inhoud, data analist, GRIS team	35%
4. Methode en inhoudelijk rapport opstellen: beschouwen en duiden van de koppeling, formuleren geleerde technische en procesmatige lessen. Inventariseren mogelijke vervolg-koppelingen.	Experts van brondata & inhoud, data analist, GRIS team	25%
5. Datavertrouwelijkheid: proces inrichten en afspraken vastleggen voor ontsluiten van de data	Datahouders, GRIS team	10%
6. Automatiseren: proces inrichten voor mogelijke herhaling van de koppeling	Data analist, GRIS team	10%
7. Project coördinatie	GRIS team	5%

In het geval van deze koppeling, zijn de totale kosten rond de €60.000 euro. De inschatting voor het onderhoud en jaarlijks herhalen of updaten van de koppeling is ongeveer €10.000. Hieraan werken data analisten, voor het herhalen van de geautomatiseerde koppeling, en experts om de inhoudelijke uitkomsten te verifiëren. Samen zullen ze eventueel het methoderapport moeten updaten en de metadata aanpassen. Deze schatting gaat er van uit dat het data format, indeling en vertrouwelijkheid van brondata gelijk blijft. Wanneer brondata van format verandert wordt de investering groter omdat de koppeling zelf moet worden aangepast.

Bij het opschalen van het GRIS naar de volgende fasen zullen steeds meer datasets worden gekoppeld op basis van kennisvragen ten behoeve van het CE beleid (zie ook paragraaf 1.2). Deze rapportage heeft laten zien wat er komt kijken bij het maken van één koppeling. Het opschalen van het identificeren, realiseren en onderhouden van de vele datakoppelingen vergt samenwerking met vele partijen in een iteratief leerproces. Dit proces zal nieuwe inzichten opleveren over wat we willen en kunnen meten en een belangrijke basis leggen voor de monitoring van de CE en het sturen van de richting van de transitie. Om een volwaardig GRIS binnen een periode van tien jaar te realiseren is niet alleen een opschaling van het aantal koppelingen nodig, maar ook een investering in het samenbrengen van partijen, het inregelen van kwaliteit, etc. Dit is dus meer dan een 'technische oplossing' alleen en dit proces vraagt tijd en middelen.

5.1.3 *Inhoudelijke inzichten en verbeterpunten van de koppeling tussen MM en GSS*

Door de koppeling van de GSS met de MM is nu in één oogopslag te zien in welke mate kritieke materialen verbonden zijn met sectoren die belangrijk zijn voor de Nederlandse economie en hoe deze sectoren zich verhouden tot enkele andere nationale economieën. In deze rapportage is dit in detail omschreven voor kobalt, koper, ijzer, ZAM en nikkel. Hoewel de resultaten veel nieuwe inzichten bieden, blijkt ook dat de waarde van de kritieke grondstoffen niet in alle sectoren even goed te zien is in deze analyse. Het aandeel kritieke materialen in materiaalstromen uitgedrukt in massa is soms geen goede indicator voor de rol die deze materialen spelen. De vergelijking met vitamines gaat op: deze zijn weliswaar qua gewicht verwaarloosbaar in een menselijk lichaam maar voor de goede werking van het lichaam essentieel. Binnen het kader van de ICER en het steeds beter in kaart brengen van grondstofstromen in kilo's, zal hiervoor naar oplossingen moeten worden gezocht, denk aan bijvoorbeeld het uitdrukken van grondstoffen in monetaire waarde. Om daadwerkelijk inhoudelijke conclusies te trekken, moeten de onderliggende data van de grondstoffenscanner eerst worden verbeterd.

Er kunnen meer inhoudelijke inzichten worden onttrokken wanneer er meer inzicht komt in welke sectoren afhankelijk zijn van welke investeringen (zie paragraaf 4.1.2). Hiervoor moet de data verder worden gekoppeld met investeringsdata en dan kan er bijvoorbeeld worden gekeken welke sectoren in het productieproces afhankelijk zijn van welke machines die kritieke materialen bevatten. Ook kan er een extra verificatie worden gedaan op de cijfers door het balanceren van de

input en output per sector. Hoeveel prioriteit er moet worden gegeven aan deze ontwikkelpunten, is afhankelijk van de kennisvragen en andere casestudies die binnen het GRIS in volgende fasen worden uitgewerkt. Naast het koppelen van kritieke materialen aan de MM, kan in dezelfde trend informatie over het biobased aandeel van producten worden gekoppeld aan de goederengroepen van de MM. Onder leiding van het CBS loopt er een project waar dit onderzocht wordt. De MM kan fysieke input leveren aan de monetaire Multi-Regionaal Input-Output Model (MRIO) database die gebruikt wordt om de grondstofvoetafdruk te bepalen (Wiltling 2014). Ook vindt er binnen CBS een onderzoek plaats om te kijken in hoeverre de MM geregionaliseerd kan worden (van der Maas, Ruysenaars et al. 2019). Daarnaast is er een project van CML en CBS naar materiaalvoorraden in de economie, en hoe deze kunnen worden gekoppeld aan de goederengroepen uit de MM. Ook wordt er vervolg onderzoek gedaan door CML en CBS naar het weergeven van voorraden voor een specifiek materiaal in het GRIS. Gekozen is voor de casus staal, die de data uit de koppeling voor de PoC van dit rapport op ijzer weer kan gebruiken. Door de koppeling op die manier te gebruiken wordt er niet alleen een nieuwe uitbreiding gedaan en meerwaarde gecreëerd, maar is er ook een kans om de koppeling opnieuw te verifiëren en te kijken of de brondata leidt tot plausibele resultaten.

5.2 Aanbevelingen

Uit het maken van de koppeling tussen de materialen monitor en de GSS volgen de volgende aanbevelingen voor de verdere uitwerking en invulling van het GRIS met meer datasets en koppelingen:

1. Het koppelen van datasets verloopt volgens een iteratief proces waarin zowel technische kennis van het koppelen van datasets als inhoudelijke kennis over grondstoffen in een circulaire economie vereist is. Laat daarom in een proces van koppeling voldoende ruimte voor tussentijds overleg tussen de data analisten en engineers en werk samen om geleerde lessen inzichtelijk te maken, vooral als meerdere organisaties bij de koppeling betrokken zijn. Betrek bij het koppelen van datasets voor het GRIS zowel inhoudelijke experts van de circulaire economie en grondstoffen als data analisten om de gekoppelde dataset te verifiëren alvorens het verder wordt gebruikt voor analyse en duiding. Data zonder inhoudelijke kennis om deze te verifiëren en duiden is van weinig waarde. Besteed bij het uitvoeren van andere koppelingen en het doorvoeren van verbeterpunten voldoende aandacht aan het expliciet maken van zowel de geleerde lessen over het proces van het maken van de technische koppeling als inhoudelijke inzichten die uit de data kunnen worden opgedaan.
2. Het koppelen van datasets geeft een kans voor verbetering van de bestaande datasets, maar ook tot mogelijke vertraging als er in het proces van koppeling fouten of inconsistenties worden gevonden in de originele datasets. Maak daarom risico's en uitdagingen in het koppelen tijdig inzichtelijk en houd deze tijdens het proces in de gaten.
3. Maak op basis van de verificatie van de koppeling en conclusies uit het iteratieve leerproces afspraken over het format van de

- aan te leveren data. Werk met bestaande classificaties en update koppeltabel waar mogelijk en nodig.
4. Besteed aandacht aan het werkproces in de komende jaren: wie kan wanneer met welke middelen dit aspect van GRIS verbeteren en actueel houden.
 5. De gekoppelde datasets in GRIS moeten worden bijgehouden en geüpdatet als er nieuwe versies van de originele databases beschikbaar komen. Hiervoor moet een proces worden ingericht die rekening houdt met de frequentie van updates. Afhankelijk van de frequentie is investeren in een API de moeite waard. Daarnaast moet bij dit werkproces rekening worden gehouden met de metadata, die ook moet worden bijgehouden, het versiebeheer en het borgen van de vertrouwelijkheid. Tot slot moet bij gebrek aan updates op termijn worden bepaald door het GRIS team in samenwerking met experts of data nog van voldoende kwaliteit is om door te gaan in het GRIS.
 6. Identificeer voor verdere ontwikkeling van het GRIS met een groep experts van verschillende organisaties die andere datasets over grondstoffen of materialen hebben, welke andere koppelingen nuttig kunnen zijn op basis van kennisvragen. Borduur hierbij voort op geleerde lessen en behoeftes uit eerder gemaakte koppelingen, die voortkomen uit evaluaties van het GRIS met gebruikers.
 7. Maak voldoende tijd, middelen en expertise vrij voor het complexe, meerjarige en iteratieve leerproces dat het GRIS vereist. Maak tijdig duidelijk keuzes in wat het doel is van GRIS, wat de prioritering is en zorg dat daarin aan de voorwaarden wordt voldaan.

Referenties

- Bakker, et al. (2017). Portfolioanalyse: kansrijke innovatieopgaven voor Nederland - Fundament voor het maken van keuzes, TNO.
- Bastein, T. and E. Rietveld (2015). Materialen in de Nederlandse economie - Een kwetsbaarheidsanalyse.
- Bastein, T., et al. (2014). Materialen in de Nederlandse Economie - een beoordeling van de kwetsbaarheid, TNO.
- Brown, T. J., et al. (2019). World Mineral Production 2014-2018, British Geological Survey.
- CBS (2019). Statline: Opbouw binnenlands product (bbp); nationale rekeningen.
- CBS (2021). "Statline, internationale handel." Retrieved 04-03-2021, from <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/navigatieScherm/thema?themaNr=81287>
- Commissie, E. (2010). "Critical raw materials." Retrieved 04-03-2021, from https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en.
- Commissie, E. (2020). Due diligence ready!, European Commission.
- Commissie, E. (2020). A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. Brussels.
- Consortium;, E. (2015). "Exiobase." Retrieved 04-03-2021, from <https://exiobase.eu/>.
- ERMA (2021). "European Raw Materials Alliance." Retrieved 03-04-2021, from <https://erma.eu/network/>.
- Eurostat (2021). INTRASTAT NET MASS SINCE 2006 — version 2021. Eurostat.
- Eurostat (2021). "METADATA, Combined Nomenclature, 2021." Retrieved 04-03-2021, 2021, from https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_NOM_DTL&StrNom=CN_2021&StrLanguageCode=EN&IntPckKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC.
- Fonseca and L. Azevedo (2020). "COVID- 19: outcomes for Global Supply Chains." Management & Marketing. Challenges for the Knowledge Society **15**(1).
- Grond, A., et al. (2020). Verkenning datastrategie circulaire economie, Rijkswaterstaat.
- Hamilton, K. (2015). "Measuring Sustainability in the UN System of Environmental-Economic Accounting." Environmental Resource Economy **64**: 25-36.
- International, C. (2019). Convenant Internationaal Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen voor de Metaalsector.
- Justice, U. D. o. and F. T. Commission (2010). Horizontal Merger Guidelines.
- Kishna, M., et al. (2019). Doelstelling circulaire economie 2030 - Operationalisering, concretisering en reflectie, PBL: 50.
- Materials, E. R. (2021). "PANORAMA: Physical AccouNts Of RAW MAterial stock and flow Information Service." Retrieved 04-03-2021, from <https://eitrawmaterials.eu/project/panorama/>.

- OECD (2021). "How exports of mineral commodities contribute to economy-wide growth." Retrieved 04-03-2021, from <http://www.oecd.org/trade/topics/trade-in-raw-materials/>.
- PBL (2019). Werkprogramma voor monitoring en sturing CE 2019-2023.
- Reichl, C. and M. Schatz (2021). World Mining Data 2020, Federal Ministry Republic of Austria. **35**.
- Rijksoverheid (2019). Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2019-2023.
- RIVM (2010). Emissieregistratie Strategienota 2010-2013.
- RVO (2020). "Grondstoffenscanner." Retrieved 04-03-2021, from <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/circulaire-economie/kennisplein-grondstoffen/grondstoffenscanner>.
- Tiktak, et al. (2019). Geïntegreerde gewasbescherming nader beschouwd Tussenevaluatie van de nota Gezonde Groei, Duurzame Oogst, PBL.
- Timmer, et al. (2015). "An Illustrated User Guide to the World Input-Output Database: the Case of Global Automotive Production." *Review of International Economics* **23**(2): 575-605.
- UNCTAD (2017). Using trade policy to drive value addition: Lessons from Indonesia's ban on nickel exports - Background document to the Commodities and Development Report 2017.
- USGS (2021). "National Minerals Information Center - National Minerals Information Center." Retrieved 04-03-2021, from <https://www.usgs.gov/centers/nmic/commodity-statistics-and-information>.
- van Berkel, J. and R. Delahaye (2019). Material Flow Monitor 2016 - technical report, CBS.
- van Berkel, J., et al. (2019). Materiaalstromen in Nederland, Materiaalmonitor 2014-2016, gereviseerde cijfers. Den Haag, CBS.
- van der Maas, C., et al. (2019). Grondstoffen Informatie Systeem (GRIS) Verkenning, RIVM: 70.
- van der Maas, C. W. M., et al. (2019). Grondstoffen Informatie Systeem (GRIS) Verkenning, RIVM: 70.
- Wilting, H. (2014). Carbon and land footprint time series of the Netherlands - integrating data from the GTAP and WIOD databases, PBL.

Bijlage A – Kritieke materialen

Auteur: Elmer Rietveld, TNO

Tabel 4 Lijst van kritieke materialen

Antimony	Gypsum
Beryllium	Iron
Chromium	Kaolineclay
Cobalt	Limestonekalk
Cokingcoal	Magnesitemagnesium
Fluorspar	Manganese
FosforPhosphateRock	Nickel
Indium	Perlite
Lithium	Rhenium
Molybdenum	Selenium
NaturalGraphite	Silicasand
Niobium	Strontium
SiliconMetalSilicium	Talc
Silver	Tantalum
Tin	Tellurium
TitaniumTiO2	Uranium
TungstenWwolfraam	Zirconium
Vanadium	Iridium
Zinc	Osmium
AluminiumBauxite	Palladium
Barytes	Platina
Bentonite	Rhodium
Boratesboor	Ruthenium
Copper	Cerium
Diatomite	Europium
Feldspar	Gadolinium
Gallium	Lanthanum
Germanium	Neodymium
Gold	Praseodymium

Bijlage B – GRIS Materiaalmonitor metadata rapport

November 2020

Auteur: Linda de Jongh, CBS

De Materiaalmonitor is een onderdeel van het Grondstoffeninformatiesysteem (GRIS) en wordt gemaakt door het CBS in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving. De dataset in de Materiaalmonitor bestaat uit een aanbod- en gebruiktabel (AGT) en beschrijft materiaalstromen van, naar en binnen de Nederlandse economie. De data worden weergegeven in miljoenen kilo's: het gaat dus om fysieke materiaalstromen. De methodiek van de Materiaalmonitor werkt volgens de richtlijnen van het *System for Environmental Economic Accounting* (SEEA), de internationale statistische standaard voor [milieurekeningen](#). Hierdoor sluiten de fysieke cijfers van de Materiaalmonitor ook direct aan bij de monetaire cijfers van de nationale rekeningen en andere tabellen van de milieurekeningen. Met 140 bedrijfstakken, zoals de landbouw, chemische industrie, voedingsindustrie en huishoudens, dekt de Materiaalmonitor de hele Nederlandse economie. Naast dit nationale perspectief wordt, door het opnemen van import- en exportdata, de interactie van de Nederlandse economie met het buitenland meegenomen. Tot slot komt de interactie tussen de economie en het milieu ook aan bod. In totaal worden er bijna 400 goederengroepen onderscheiden, plus afval (residuen), gerecyclede materialen en producten, extractie van grondstoffen en emissies naar het milieu.

De Materiaalmonitor geeft daarmee een beeld van alle fysieke materiaalstromen binnen de Nederlandse economie, met het buitenland en met het milieu. Per bedrijfstak staan in de tabellen gedetailleerde cijfers over welke goederen er geproduceerd worden (aanbod), welke goederen gebruikt zijn in het productieproces (intermediair verbruik) en de consumptie van de goederen, maar ook welke materialen in het productieproces vrijkomen als afval en emissies. Per materiaalstroom, in de vorm van bijvoorbeeld een goederengroep, afvalstroom of emissie, staan er gedetailleerde cijfers in de tabellen over waar deze stromen aangeboden worden of vrijkomen en waar ze worden gebruikt.

In de aanbod- en gebruiktabellen gelden een aantal balansen. Ten eerste is het totale aanbod van een materiaalstroom altijd gelijk aan het totale gebruik van diezelfde stroom. Dit betekent dat de materiaalstromen die geproduceerd of geïmporteerd worden altijd in de economie gebruikt worden (al dan niet geëxporteerd of geconsumeerd) of in het milieu terecht komen. Ten tweede is de totale productie binnen een bedrijfstak gelijk aan het totale gebruik. Daarmee is het rekeningenstelsel volledig in balans.

De Materiaalmonitor is beschikbaar voor tweejaarlijkse verslagjaren vanaf 2010. Momenteel zijn de data in GRIS beschikbaar voor verslagjaar 2016; in de toekomst kunnen verslagjaren worden toegevoegd. De data die in GRIS beschikbaar zijn, omvatten de aanbod-

en gebruikstabellen van de Materiaalmonitor op detailniveau. Het CBS publiceert ook geaggregeerde tabellen; dit zijn overzichtstabellen met ongeveer 20 bedrijfstakken en goederengroepen (zie Annex 4 en 5 van het rapport [Materiaalstromen in Nederland, 2014 - 2016](#)). Deze geaggregeerde tabellen zouden ook in GRIS opgenomen kunnen worden; als alternatief zou een koppeltabel toegevoegd kunnen worden zodat gebruikers deze tabellen zelf kunnen afleiden uit de detailtabellen.

De Materiaalmonitor is door de tijd consistent. Dat betekent dat berekende trends op basis van de data in de Materiaalmonitor correct zijn en er geen trendbreuken ontstaan doordat methoden of brondata veranderen.

De indeling naar bedrijfstakken en goederengroepen in de Materiaalmonitor is gebaseerd op de nationale rekeningen. Een complete lijst met alle bedrijfstakken en goederengroepen is te vinden in de Annex van [Materiaalmonitor 2016 - Technische toelichting](#). Om de data breder bruikbaar te maken, zou onderzocht kunnen worden of de Materiaalmonitor voor GRIS omgezet kan worden naar vaker gebruikte indelingen, zoals CPA en NACE¹.

Definities

Aanbod: de som van materiaalstromen die voortgebracht zijn door binnenlandse productie (zoals goederen en afval), huishoudens (zoals afval), accumulatie, import en milieu (zoals extractie).

Accumulatie: afvalstromen die beschikbaar komen uit accumulatie (aanbod) zijn bijvoorbeeld mineraalafval uit gebouwen en wegen. Het gebruik van materialen vanuit accumulatie (gebruik) is het nettogebruik (investeringen minus desinvesteringen) van investeringsgoederen, zoals machines, meubilair, gebouwen en vee, en afvalstromen verwerkt op binnenlandse stortplaatsen.

Afvalstoffen: stoffen die voor de houder niet bruikbaar zijn voor productie, transformatie of consumptie en waarvan hij zich ontdoet, wil ontdoen of moet ontdoen. Uitgesloten zijn stoffen die direct hergebruikt worden waar ze ontstaan. Afval dat ontstaat bij de verwerking van afval, zogenaamde afval van afval, wordt ook meegenomen in de Materiaalmonitor. Afvalstoffen omvatten de stoffen genoemd in Annex I van de Europese afvalstoffenverordening. De meeste afvalcategorieën op deze lijst komen voor in vaste vorm maar afval kan ook vloeibaar zijn (zoals verf, oliën en oplosmiddelen). Meer informatie over de verschillende afvalcategorieën in de Materiaalmonitor is te vinden in de StatLinetabel [Afvalbalans](#).

Emissies en balansen: stoffen die gebruikt of uitgestoten worden tijdens de productie van in Nederland geproduceerde goederen en diensten. Het gaat hierbij om CO₂-emissies die vrijkomen in het binnenlands productieproces en uitgestoten worden in het milieu. En daarnaast om de uitstoot van water en gebruik van zuurstof bij verbranding van energiedragers, uitstoot van CO₂ en water en gebruik van zuurstof door

¹ Een overzicht van de samenhang van verschillende classificaties is te vinden op: <https://www.cbs.nl/nl-onze-diensten/methoden/classificaties/algemeen/relaties-tussen--inter--nationale-standaardclassificaties>

ademhaling van dieren en mensen, en het gebruik van stikstof bij de productie van kunstmest (Haber-Bosch-proces).

Export: de materiaalstromen van ingezetenen (in Nederland) naar niet-ingezetenen. Een bedrijf of instantie wordt als hier ingezetene beschouwd wanneer het minimaal een jaar in Nederland actief is. Of dit bedrijf of deze instantie in buitenlandse handen is, doet niet ter zake.

Extractie: de in de productieprocessen onttrokken grondstoffen en gewassen uit het milieu. Het gaat hierbij om zowel de winning van grondstoffen zoals zout, zand en gravel en aardgas/-olie, als de oogst van gewassen in de landbouw.

Gebruik: materiaalstromen die gebruikt worden voor het productieproces van economische activiteiten (intermediair verbruik), de consumptie, de export, accumulatie, de verandering in voorraden en het milieu (zoals CO₂-emissies).

Gerecyclede materialen: aanbod van gerecyclede materialen voortgebracht door de recyclingbedrijven (SBI383) exclusief de afvalstoffen die bij dit proces vrijkomen. De indeling van de verschillende gerecyclede materialen volgt de afvalcategorieën (zie Afvalstoffen).

Huishoudens: materialen die door de sector huishoudens worden gebruikt voor de rechtstreekse bevrediging van hun behoeften, dan wel het aanbod van materialen zoals afval.

Import: de materiaalstromen van niet-ingezetenen naar ingezetenen (in Nederland). Een bedrijf of instantie wordt als hier ingezetene beschouwd wanneer het minimaal een jaar in Nederland actief is. Of dit bedrijf of deze instantie in buitenlandse handen is, doet niet ter zake. De import van materialen is inclusief de stromen die zonder significante bewerking worden geëxporteerd (wederuitvoer).

Materiaalstroom: brede term voor al het materiaal dat fysiek gewicht heeft en zich binnen de economie, van en naar het buitenland of tussen de economie en milieu verplaatst. Dit omvat goederen en grondstoffen, maar ook stromen zoals afval en emissies. De materiaalstromen worden gemeten in natte stof.

Milieu: daar waar milieu en economie interacteren in het aanbod dan wel gebruik van materialen. Materiaalstromen van de economie naar het milieu zijn bijvoorbeeld luchtemissies. Materiaalstromen van het milieu naar de economie zijn bijvoorbeeld extractie van grondstoffen.

Restpost: een restpost van materialen en stoffen die niet elders zijn meegenomen om het rekeningstelsel in balans te brengen en waarover data in bestaande statistieken ontbreken. Te denken valt aan het gebruik van bulkwater bij de productie van dranken, gewicht van gebouwen als eindproduct van de bouwindustrie en voedingsmiddelen genuttigd in restaurants.

Verandering in voorraden: veranderingen in de aantallen/hoeveelheden grondstoffen, halffabricaten, onderhanden werk (onvoltooide producten

zoals schepen of machines) en eindproducten die bij de producenten aanwezig zijn en veranderingen in handelsvoorraden. Onderhanden werk in de bouw wordt niet tot de voorraadvorming gerekend. Positieve veranderingen in de voorraden ontstaan wanneer in het verslagjaar goederen zijn geproduceerd die nog niet zijn verkocht. Ook ontstaan toevoegingen aan voorraden wanneer goederen in het verslagjaar zijn gekocht maar nog niet in het productieproces verbruikt of, in het geval van de handel, verkocht. Negatieve veranderingen in voorraden ontstaan wanneer goederen aan bestaande voorraden worden onttrokken om verkocht of in het productieproces verbruikt te worden.

Wederuitvoer: de materiaalstromen van ingevoerde goederen die via Nederland vervoerd worden en daarbij (tijdelijk) eigendom worden van een Nederlands ingezetene, zonder dat er een significante bewerking plaatsvindt.

Technische achtergrond

De Materiaalmonitor is voor een groot deel gebaseerd op de monetaire cijfers uit de aanbod- en gebruiktabellen van de nationale rekeningen. In de Materiaalmonitor worden de cijfers uit de monetaire aanbod- en gebruiktabellen omgezet in fysieke cijfers (kilo's) met behulp van prijsinformatie uit verschillende bronnen waarvan de statistiek internationale handel en de Prodcop de belangrijkste zijn. Daarnaast worden voor enkele goederen de fysieke cijfers direct uit andere bronnen bepaald. Dit geldt met name voor energiedragers (energierekeningen), landbouwproductie (oogstramingen), delfstoffenproductie (materiaalstroomrekeningen), afvalproductie (afvalrekeningen), productie uit de "voorbereiding tot recycling"-industrie (afvalstatistieken) en internationale handel (internationale handelsstatistieken). Bij de internationale handel worden veredelingsdiensten omgezet naar bruto-goederenstromen. Aan de Materiaalmonitor worden, naast producten met een monetaire waarde, ook materiaalstromen toegevoegd die geen monetaire waarde hebben, zoals de winning van delfstoffen en luchtmissies. Aangezien het rekeningenstelsel gebalanceerd is, d.w.z. dat aanbod gelijk is aan het gebruik voor zowel de materiaalstromen als de bedrijfstakken, worden de tabellen ingepast: door het confronteren en combineren van verschillende databronnen en statistieken in het rekeningstelsel is in eerste instantie aanbod niet gelijk aan gebruik. Inpassen houdt in dat eerst handmatig wordt gekeken naar de grootste verschillen en aanpassingen worden gedaan om de verschillen tussen aanbod en gebruik kleiner te maken. Daarna wordt op een geautomatiseerde manier de resterende kleine verschillen verdeeld over de cellen. Hierbij wordt rekening gehouden met de plausibiliteit van de verschillende bronnen op microniveau.

Plausibiliteit cijfers

De Materiaalmonitor wordt samengesteld op een hoog detailniveau om zoveel mogelijk aan te sluiten bij de processen en activiteiten die zich afspelen binnen de economie en in relatie tot het milieu. De plausibiliteit van de variabelen in het detailbestand is echter moeilijk te beoordelen en kan verschillen tussen variabelen. Eén reden hiervoor is dat de gebruikte databronnen in kwaliteit verschillen. De variabelen zoals gepubliceerd in de geaggregeerde tabel (Annex 4 en 5 van het rapport

Materiaalstromen in Nederland, 2014 – 2016) zijn van betere kwaliteit dan die in de detailtabellen omdat de brondata voor de detailtabellen minder controles en correcties hebben ondergaan. De bron van de data is belangrijk voor het bepalen van op welke data de inpassing moet worden gericht: zijn de data (vrijwel) direct overgenomen uit statistieken, zoals cijfers over emissies en internationale handel (import en export), dan wordt hier minder op ingepast. Wanneer er weinig brondata beschikbaar zijn en veel aannames worden gedaan, zoals bij het gebruik van afval en gerecyclede producten en de restpost, dan wordt hier meer op ingepast. Dat betekent ook dat deze cijfers van lagere kwaliteit zijn. Voor de producten geldt in het algemeen dat het aanbod van iets betere kwaliteit is dan het gebruik. Bij het inpassen worden ook enkele rekenregels gehanteerd. Zo kan de extractie, van bijvoorbeeld aardgas, nooit lager zijn de productie aardgas. Ook kan, bijvoorbeeld, de productie van vlees niet hoger zijn dan het gebruik van dieren. Tabel 5 geeft een overzicht van de datakwaliteit.

Tabel 5 Overzicht van de kwaliteit van detaildata in de Materiaalmonitor.

Data	Kwaliteit		Belangrijkste bronnen
	Aanbodtabel	Gebruiktabel	
Energiedragers	Goed	Goed	Energierекeningen
Afval en gerecyclede producten	Goed	Zwak	Aanbod: Afvalrekeningen; Gebruik: expert guesses
Invoer en (weder)uitvoer	Goed	Goed	Internationale handelsstatistiek
Emissies en balansen	Redelijk	Redelijk	Emissierekeningen en afleiding coëfficiënten
Extractie	n.v.t.	Goed	Gebruik: Oogstraming, Rijkswaterstaat, energiestatistieken
Restpost	Matig	Matig	Afgeleide waterinhoud en expert guesses
Overige producten	Redelijk	Redelijk	Afgeleid van Nationale Rekeningen (euro's) en unit values

Door de inpassing van verschillende databronnen in een rekeningstelsel (aanbod- en gebruiktabellen) kunnen de cijfers in de Materiaalmonitor afwijken van andere CBS-cijfers zoals die op StatLine, de elektronische databank van het CBS. Deze afwijking zal groter zijn naar mate het detailniveau hoger is.

Het detailbestand van de Materiaalmonitor is geen officieel vastgesteld publicatiebestand en moet als experimenteel worden beschouwd. De plausibiliteit van de uitkomst van de analyse op de detailtabel is de verantwoordelijkheid van de onderzoekers. De uitkomst van de analyses op de detailtabel mag dan ook niet als CBS-cijfers aangemerkt worden; er moet verwezen worden naar gebruik van CBS-detaildata. De bronvermelding wordt dan "Eigen berekening [naam onderzoeksbureau, c.q. opdrachtgever] op basis van door het CBS beschikbaar gestelde detailbestand van de Monitor Materiaalstromen".

Meer informatie:

Tabel: [Gereviseerde Materiaalmonitor, 2010 en 2012 \(27-02-2020\)](#)

Nieuwsbericht: [Meeste afval en hergebruik materialen in bouwsector \(4-11-2019\)](#)

Rapportage: [Materiaalstromen in Nederland, 2014 - 2016, september 2019](#)

Rapportage: [Materiaalmonitor 2016 – Technische toelichting, februari 2019](#)

Voor vragen kunt u contact opnemen met het CBS:
milieurekeningen@cbs.nl

Bijlage C – Metadata Grondstoffenscanner

Auteur: Elmer Rietveld, TNO

De leveringszekerheid van Zeldzame Aardmetalen (ZAM) is sinds 2010 op het collectieve netvlies van Westerse economieën gekomen. Zekerheid van levering komt niet voort uit de aanwezigheid in de aardkorst: van de meest gebruikte ZAM staan de meeste in de middenmoot of subtop als het gaat om geologische aanwezigheid. Het probleem zit in monopolie levering: de mijnbouwlocatie, de milieudruk van raffinage en de wijze waarop markten zijn georganiseerd.

Om de afhankelijkheid van de Nederlandse economie te analyseren (van ZAM en ruim 50 andere metalen of industriële mineralen) is tussen 2015 en 2017 de grondstoffenscanner gecreëerd. Met de grondstoffenscanner (www.grondstoffenscanner.nl) kan een beleidsmaker en ondernemer ontdekken in hoeverre afhankelijkheid van grondstoffen een risico vormt voor zijn economie of bedrijf. Ook vindt de gebruiker van de website 'handelingsperspectieven' waarmee hij zijn grondstoffenrisico's kan beperken op een manier die past bij zijn bedrijfsstrategie. In twee stappen krijgt hij inzicht en ontdekt hij hoe hij kan handelen.

Op basis van beschikbare gegevens uit een grote diversiteit aan bronnen is uit een 5100 tellende set producten en productgroepen die in het Harmonized System van BACI is opgenomen een selectie gemaakt van die productgroepen waarin de geselecteerde kritieke materialen voorkomen. Het resultaat is een koppelmatrix die grondstoffen en producten verbindt.

Aanvullende bronnen die hiervoor ingezet zullen worden zijn bijvoorbeeld de (jaarlijkse) rapporten van specifieke materiaalstudiegroepen (zoals onder meer de International Copper Study Group ICSG, International Lead and Zinc Study Group, International Platinum Group Metals Association), rapporten van consultants op specifieke metalen (onder meer van het Oeko-Institut en Oakdene & Hollins op het gebied van zeldzame aardmetalen), waarin 'top-down' inzicht wordt gegeven in de hoofdapplicaties van grondstoffen.

Daarnaast maken we gebruik van gedetailleerde analyses, zoals die uit de LCA database van EcoInvent (met als voordeel een continue update van informatie) en daarnaast van details omtrent samenstelling van producten uit het netwerk van internationale partners TecNALIA (Spanje) en SP (Zweden), Fraunhofer ISI (medeauteurs van de RMI-studies naar kritieke materialen in de EU) en overige Duitse instellingen (o.a. VDI, DERA, Universiteit Bremen), een studie naar productsamenstellingen van ES-KTN en gegevens van het Franse P.E.P.

Nadat een koppeling is gemaakt tussen ca. 2400 productgroepen en 64 metalen en industriële minderalen, kan een vertaalslag worden gemaakt naar import en exportgegevens van Statline, die voor alle 220 geografische zones zijn gegeven (meestal landen, maar soms regio's zoals Hong Kong, Taiwan of Westelijke Sahara).

De data in de grondstoffenscanner heeft als peiljaar nu 2013. Voor tijdreeksen van grondstofprijzen geldt (als uitzondering) dat de reeksen starten tussen 1900 en 1945. In 2019 wordt het database vernieuwd, zodat het nieuwe peiljaar 2018 zal worden.

De tool is publiek beschikbaar, voor ondernemers, inkopers, ambtenaren, onderzoekers en algemeen geïnteresseerden. De grondstoffenscanner is in beheer bij DICTU, maar de data is eigendom van EZK en uitsluitend gebaseerd op interpretaties van publieke databases. DICTU is verantwoordelijk voor het goed, veilig en betrouwbaar functioneren van de software van de grondstoffenscanner. Bij de ontwikkeling van de huidige grondstoffenscanner zijn EY (business analyst) en CGI (software ontwikkelaar) betrokken geweest.

Definities

CBS handelsdata

De herkomst van de handelsdata is de Statline database:

<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/navigatieScherm/thema?theMaNr=81287>

Eenheid van rapportage

De eenheid waarin handelsstromen in Statline zijn vermeld. Deze eenheid is meestal kg of stuks. In een enkel geval m², m³ of een andere eenheid. Elk jaar levert Eurostat conversies die het mogelijk maken om de heterogene eenheden om te rekenen naar kg (Eurostat 2021).

Grondstoffenscanner (GSS)

Online tool voor overheden, MKB en brancheorganisaties. De tool is te vinden op <https://www.grondstoffenscanner.nl>. Het idee van de tool is om grondstoffen te koppelen aan productgroepen en sectoren, waarmee allerlei relevant informatie kan worden gekoppeld. Te denken valt aan OECD handelsrestricties, de betrouwbaarheid van bronlanden zoals door de Wereldbank beoordeeld in de WGI score, prijsontwikkelingen, IMVO informatie, biodiversiteitsaspecten gekoppeld aan productie in de keten, ZZS en recycling.

Levens Cyclus Inventarissen (LCI's)

Het deel van product database die beschrijft welke materialen en dus grondstoffen gebruikt zijn in het productieproces of het daadwerkelijke product.

Nomenclatuur productgroepen GS/GN

Geharmoniseerd Systeem of Gecombineerde Nomenclatuur. Op 6 digit niveau bevat deze indeling ongeveer 5600 productgroepen. Op 8-digit niveau bevat deze indeling ca. 9550 productgroepen

Typical share

Door het toedelen van de wereldproductie aan metalen aan productgroepen resulteert een waarde in kg grondstof per ton productgroep. Deze waarde is dus een "part per thousand" maatstaf.

Methodiek samenstellen GSS database

Het idee achter de GrondStoffenScanner (GSS) database is om wereldwijde internationale handelsgegevens op macroniveau te combineren met gedetailleerde productinformatie op microniveau voor de Nederlandse economie. De GSS kan de aanwezigheid van 64 kritieke materialen in productgroepen beschrijven. De handelsdatabase van de VN (COMTRADE), vertaald in de handelsdatabase van CBS, kan dienen als uitgangspunt voor het macroniveau. De productclassificatie in het Geharmoniseerd Systeem (GS/GN) beschrijft namelijk de overgrote meerderheid van fysieke goederen die aan internationale handel onderworpen zijn (Eurostat 2021). De uitgebreide, maar versnipperde informatie van producten met kritieke elementen is op verschillende plaatsen terug te vinden, bijvoorbeeld in de EcoInvent-database of literatuur met verschillende LevensCyclusInventarissen (LCI's).

Een belangrijke vereiste van de methodiek is het identificeren en isoleren van producten die kunnen worden geclassificeerd als een grondstof die bestaat uit kritieke materialen zoals geïdentificeerd door toonaangevende kritikaliteitsmethodieken zoals die van de Europese Commissie (Commissie 2010). Een andere essentiële eigenschap van de methode is dat tijdreeksen kunnen worden geconstrueerd om te voldoen aan dynamische aspecten van productontwerp/montage. De methode maakt namelijk gebruik van handelsdata die jaarlijks wordt gepubliceerd voor tal van onderzoeksdoeleinden.

De GSS data wordt geproduceerd in de onderstaande stappen. Deze data beschrijft en kwantificeert de aanwezigheid van 64 grondstoffen (in de meeste gevallen chemische elementen) in productgroepen. In ongeveer de helft van de gevallen gaat het om zogenaamde "kritieke grondstoffen" zoals door de Europese Commissie aangeduid. De productgroepen staan in de GS/GN classificatie die het mogelijk maakt om aan de Materiaalmonitor (MM) te worden gekoppeld.

De volgende methodische stappen zijn doorlopen om de GSS data te produceren.

Stap 1: waar wordt een grondstof op hoofdlijnen voor gebruikt?

Het is eerst noodzakelijk om per *algemene* toepassing vast te stellen hoeveel geselecteerde materialen in producten en productgroepen zijn verwerkt; deze productgroepen worden onderscheiden in grondstoffen, halffabricaten en eindproducten. Algemene toepassingen komen grofweg overeen met een SBI/NACE 2-digit niveau, aangevuld met enkele specifieke toepassingen. Studies van materiaal specifieke organisaties drukken zich vaak uit in deze algemene toepassingen, vandaar dat dit het startpunt vormt van het koppelen aan grondstoffen aan producten.

- Op basis van beschikbare gegevens uit een grote diversiteit aan bronnen zal uit de brede set producten en productgroepen die in het Harmonized System op 6 digit niveau is opgenomen een selectie worden gemaakt van die productgroepen waarin de geselecteerde kritieke materialen voorkomen. Het resultaat is een koppelmatrix die grondstoffen en producten verbindt. Deze stap is snel beschreven maar kostte veel tijd (ca. 1000 uren) om te zetten en kost doorlopend tijd om bij te houden.

- Bronnen die hiervoor ingezet zijn gebruikt komen bijvoorbeeld vanuit de (jaarlijkse) rapporten van specifieke materiaalstudiegroepen (zoals onder meer de International Copper Study Group ICSG, International Lead and Zinc Study Group, International Platinum Group Metals Association), rapporten van consultants op specifieke metalen (onder meer van het Oeko-Instituut en Oakdene & Hollins op het gebied van zeldzame aardmetalen), waarin 'top-down' inzicht wordt gegeven in de hoofdapplicaties van grondstoffen. Deze bronnen kunnen gevonden worden in de jaarlijkse rapportages van de brancheorganisaties verenigd in de Europese Raw Material Alliance (ERMA)(ERMA 2021).
- Daarnaast maken we gebruik van vele gedetailleerde analyses uit de LCA/LCI database van EcoInvent (met als voordeel een continue update van informatie) en daarnaast van details omtrent samenstelling van producten uit het netwerk van internationale partners TecNALIA (Spanje) en SP (Zweden), Fraunhofer ISI (medeauteurs van de RMI-studies naar kritieke materialen in de EU) en overige Duitse instellingen (VDI, DERA, Universiteit Bremen: <http://www.fb4.uni-bremen.de>, etc.), een studie naar productsamenstellingen van ES-KTN (UK; projectpartner in CRM_InnoNet; zie www.criticalrawmaterials.eu) en gegevens van het Franse P.E.P. (zie: <http://www.pep-ecopassport.org/test-recherche>). Een aankomende studie genaamd PANORAMA zal het aantal gebruikte bronnen/documentatie uitbreiden en ook duidelijk vermelden welke bron is gebruikt voor welke product-grondstof koppeling (Materials 2021).
- Om een onderscheid te maken in grondstoffen, halffabricaten en eindproducten wordt uitgegaan van een lijst van Eurostat ("stage of production" per GN code). We maken nog steeds een koppelmatrix tussen Grondstoffen en productgroepen uit het Geharmoniseerd Systeem (GS). De goederen in GS classificatie moeten vervolgens gekoppeld worden aan de GN goederen. De Nederlandse in- en uitvoer van producten wordt bepaald aan de hand van de Nationale Rekeningen en internationale handelsstatistiek van CBS.
- Voor de grootste 50 productgroepen (uitgedrukt in GN code) in de Nederlandse economie zijn detailgegevens uit EcoInvent gebruikt van individuele producten om de massabalans te controleren. Dit geeft een beeld van de accuratesse van de analyse voor de belangrijkste producten in de nationale industrie. De accuratesse laat zien dat de methode regelmatig resultaten geeft die een factor 5 à 10 afwijkt van de EcoInvent data. Gegeven de scope (wereldwijd) en grove aannames wordt een afwijkende factor van 10 niet als problematisch gezien. Het macro beeld verandert niet fundamenteel door deze factoren. Bovendien zijn productgroepen ook op 6-digit niveau gaat veelal over heterogene producten die per definitie vele factoren van elkaar verschillen wat betreft materiaalgebruik.

Stap 2: kwantificatie applicaties met behulp van mijnbouwgegevens: massabalans

Uitgangspunt van een globale MFA is (grofweg) dat de jaarlijks gewonnen hoeveelheid grondstoffen zijn weg vindt in jaarlijks geproduceerde hoeveelheden producten: daarmee biedt het gebruik van mijnbouwgegevens de weg naar een sluitende massabalans en kwantificatie van de hoeveelheid toegepaste materialen in de geselecteerde productgroepen;

- De belangrijkste bronnen hiervoor zijn Gegevens van geologische diensten, met name US Geological Survey, World Mining data en British Geological Survey, en van commerciële aanbieders zoals Roskill Information Services (Brown, Idoine et al. 2019, Reichl and Schatz 2021, USGS 2021).
- Toekennen mijnbouwgegevens (als input voor wereldeconomie) aan geselecteerde productgroepen via de uit stap 2 resulterende belangrijkste applicaties

Stap 3: opstellen van een Trade flow analysis

Het opstellen van een Trade flow analysis is de volgende stap. Op basis daarvan kan een materiaalstroomanalyse (MFA) voor geselecteerde materialen voor 43 landen (en 'rest-van-de-wereld').

- We doen dit door de gedetailleerde handelsdata van CBS voor de geselecteerde producten te combineren met samenstellingsgegevens.
- Afstemmen/uitgaan van de landeninformatie en hoeveelheden zoals die bekend zijn uit de internationale handelsstatistiek.

Stap 4: correctieslagen

De uitkomst van stap 3 moet twee essentiële correctieslagen doormaken. Ten eerste moet een correctie ten aanzien van dubbeltellingen worden uitgevoerd door meetellen intermediaire producten/halffabricaten in een eindproduct. Ten tweede moet wederuitvoer worden meegenomen om precies te weten waar producten daadwerkelijk "eindigen" (finaal geconsumeerd worden). Voor deze beide correcties is een koppeling met NR nodig. De CPA indeling (gebruikt in de NR) en EXIOBASE wordt gehanteerd voor alle andere landen behalve NL (Consortium; 2015).

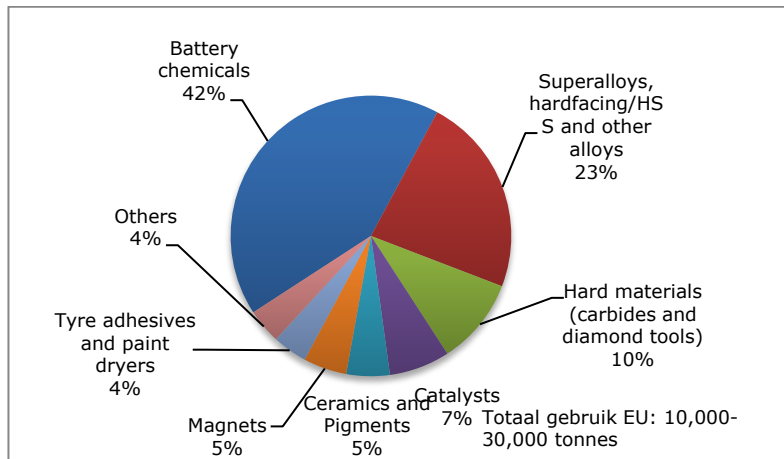
Het resultaat zijn "typical shares" van specifieke grondstoffen in productgroepen, uitgedrukt in kilogram per Ton (parts per thousand). Deze typical shares zijn gekoppeld aan de producten en sectoren indeling van de Materiaalmonitor (MM). De CBS-gegevens op gebied van internationale handel en de aanbod-gebruiksstructuur van de monitor vormen het fundament van de database. Door het resultaat van de MFA ("typical shares") te borgen aan de monitor wordt toekomstbestendig gegarandeerd.

Bijlage D - Achtergrond bij kobalt, koper, ijzer, ZAM, nikkel

Auteur: Elmer Rietveld, TNO

Kobalt

Kobalt (chemisch symbool Co) is een overgangsmetaal dat voorkomt in het periodiek systeem tussen ijzer en nikkel. Kobalt is een glanzend, zilvergrijs metaal met veel verschillende toepassingen vanwege zijn unieke eigenschappen. In de mijnfase wordt kobalt beoordeeld in de vorm van kobalserterzen en concentraten, en in de verwerkingsfase in de vorm van geraffineerd kobalt. De tussenproducten van kobalt werden beschouwd als onderdeel van de invoer van kobalserterzen en concentraten. Het gebruik van kobalt is als volgt te visualiseren:

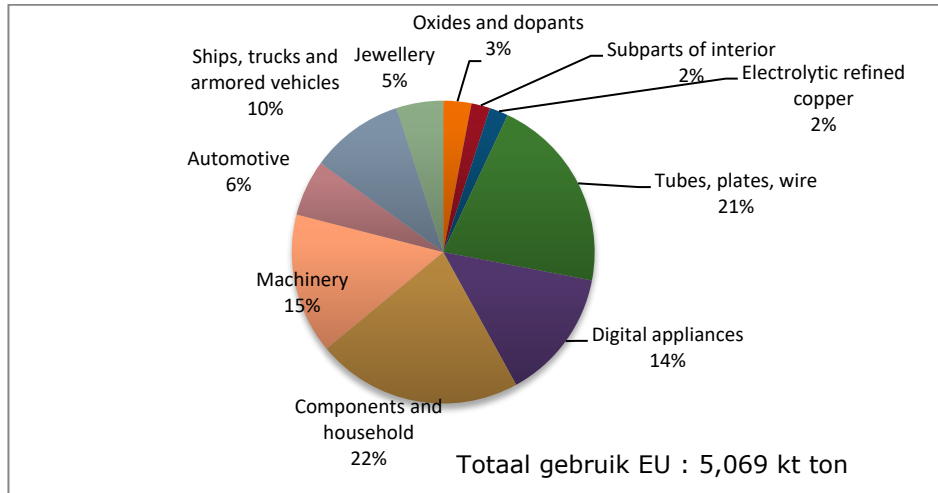


Figuur 4 gebruik kobalt (Commissie 2010)

Koper

Koper (chemisch symbool Cu; van het Latijnse 'cuprum') is een taai, roodachtig metaal dat al sinds de vroege dagen van de menselijke geschiedenis wordt gebruikt. Het is een belangrijk sporenelement voor veel levende organismen, waaronder de mens. Er zijn meer dan 150 geïdentificeerde kopermineralen, maar slechts een tiental daarvan zijn van economisch belang. In de meeste toepassingen wordt het gebruikt vanwege zijn zeer hoge thermische en elektrische geleidbaarheid in combinatie met kneedbaarheid en corrosiebestendigheid. Tegenwoordig is koper het meest gebruikte zware non-ferro metaal. Het wordt gebruikt als puur metaal maar vaak ook in de vorm van zijn twee gangbare legeringen: messing en brons. Ten behoeve van deze beoordeling wordt koper in zowel mijnstadium als verwerkingsstadium geanalyseerd. In het mijnstadium wordt koper beoordeeld in de vorm van 'ertsen en concentraten'. In dit stadium wordt koper verhandeld als concentraat. Afhankelijk van de bronertsen, hun minerale assemblages en de concentratietechnologie, vertonen ook de koperconcentraten een breed scala aan kopergehalten, van 10 tot 40%.

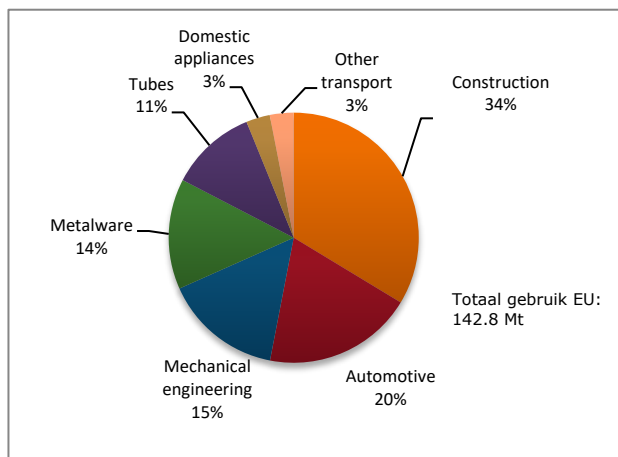
Het gebruik van koper is als volgt te visualiseren:



Figuur 5 gebruik koper (Commissie 2010)

IJzer

IJzererts is de bron van primair ijzer voor de ijzer- en staalindustrie. Het bestaat voornamelijk uit ijzeroxide. Zuiver ijzer wordt zelden gebruikt omdat het relatief zacht is (4 op de hardheidsschaal van Mohs) en snel oxideert in lucht tot gehydrateerde ijzeroxiden, algemeen bekend als roest. IJzer wordt vaak gebruikt als legering met andere elementen om duizenden verschillende staalsoorten en andere legeringen te maken met een breed scala aan wenselijke eigenschappen. Het gebruik van ijzer/staal is als volgt te visualiseren:



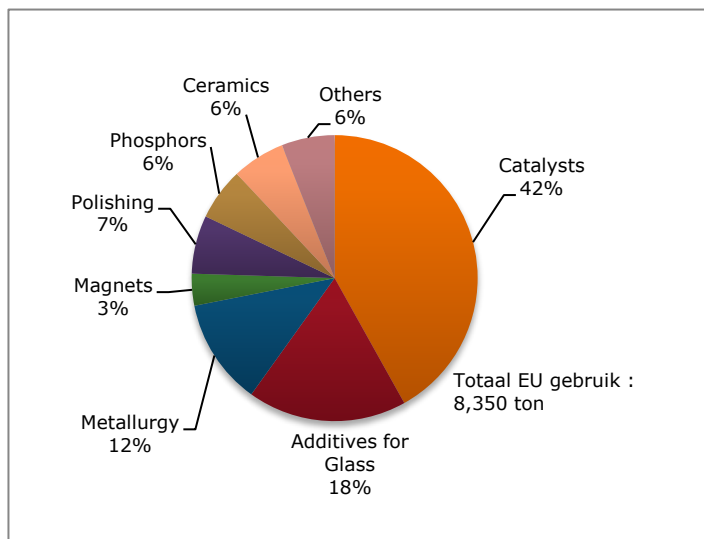
Figuur 6 gebruik ijzer (Commissie 2010)

Zeldzame aardmetalen (ZAM)

De zeldzame aardmetalen (ZAM) zijn een groep van 17 elementen, bestaande uit de elementen scandium (Sc), yttrium (Y) en de 15 lanthaniden (elementen nr. 57-71), zoals gedefinieerd door de International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC, 2005). De ZAM zijn cruciaal voor het succes van de EU-ambities om klimaatneutraal te worden in 2050. Ze zijn essentieel bij de productie van hoogtechnologische, koolstofarme goederen zoals elektrische

voertuigen, windturbines, batterijen en energiezuinige gloeilampen. Ze zijn ook onmisbaar in de defensiesector (laser, nachtkijker, radarapparatuur, enz.). Momenteel is de structuur van de EU-vraag naar ZAM, 60% gebruikt in katalysatoren en glasproductie, anders dan de wereldwijde vraag naar het gebruik van 79% ZAM in magneten, metaallegeringen, katalysatoren en polijsten.

Het gebruik van ZAM is als volgt te visualiseren:

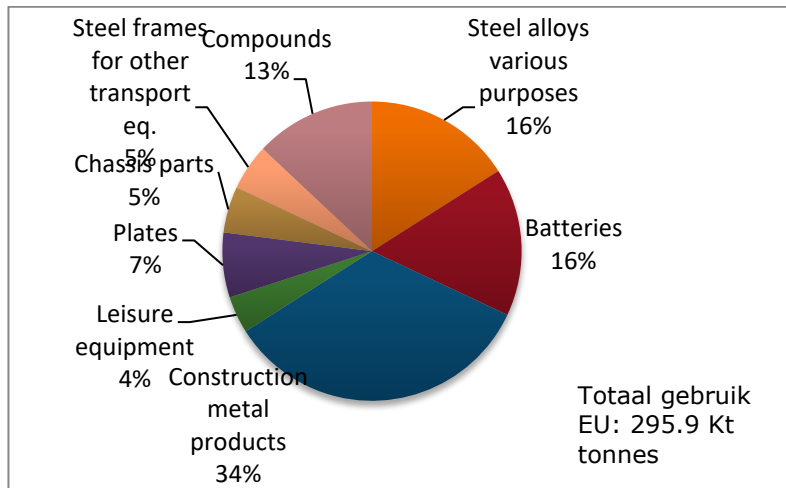


Figuur 7 gebruik ZAM (Commissie 2010)

Nikkel

Nikkel (chemisch symbool Ni) is een glanzend wit metaal met typische metaaleigenschappen. Productie- en handelsgegevens zijn jaargemiddelden over de periode 2012-2016. Het wereldwijde gebruik van geraffineerd nikkelmetaal bedroeg 1835 kt in 2016 en zal naar verwachting toenemen in de komende twintig jaar (referentiejaar 2018) (Nickel Institute, 2018). De Londen Metal Exchange (LME) verhandelt een contract voor nikkel "ingots" (stukken) met een zuiverheid van ten minste 99,80%. Elk contract vertegenwoordigt 6 ton nikkel en wordt uitgedrukt in Amerikaanse dollars. Het is vooral van belang in de constructiesector, voor batterijen en staal productie.

Het gebruik van nikkel is als volgt te visualiseren:



Figuur 8 gebruik nikkel (Commissie 2010)

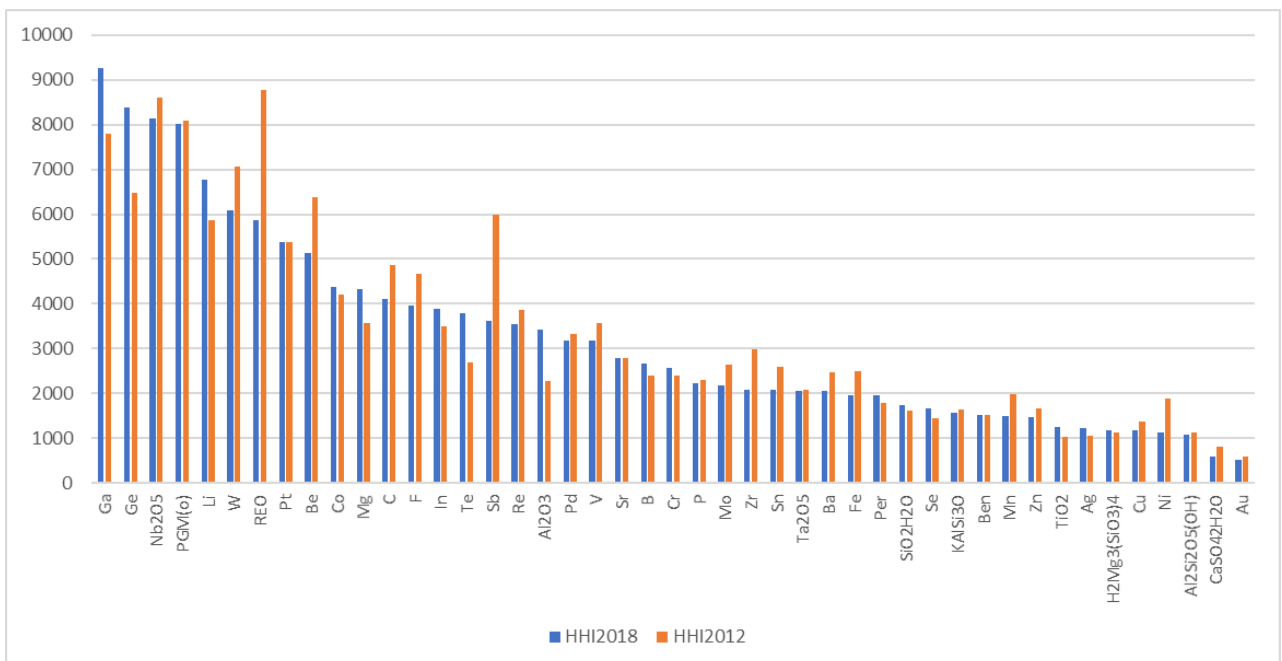
Bijlage E - Indicatoren materiaal kritikaliteit: Ontwikkelingen tussen 2012 en 2018

Auteur: Elmer Rietveld, TNO

Concentratie van mijnbouw in bronlanden

Een hoge concentratie van productie wordt in vrijwel alle literatuur omtrent kritikaliteit meegenomen als indicator voor kritikaliteit. De concentratie wordt in al deze gevallen meegenomen in de vorm van de Herfindahl Hirschman Index (HHI), een veelgebruikte metriek in bedrijfseconomisch onderzoek voor monopolyvorming. De index is opgebouwd uit de optelsom van de kwadraten van de concentratie van winning per bronland. Dit is een gangbare maat voor concentraties in een bedrijfstak (in dit geval bronlanden). De HHI is de som van de kwadraten van de productiepercentages. De maximale waarde is derhalve 10.000 (één land produceert 100% van het totale volume). Daarbij wordt een waarde boven de 2500 (althans door de US Federal Trade Commission) gezien als hoog-geconcentreerd (Justice and Commission 2010).

De HHI voor de hier onderzochte grondstoffen wordt in Figuur 9 gegeven voor de situatie in 2012 en 2018.



Figuur 9 HHI in 2012 en 2018

Voor een aantal materialen is een significante verandering opgetreden in de HHI:

Tabel 6 Grootste veranderingen in HHI tussen 2012 en 2018

Grootste stijging van HHI tussen 2012 en 2018	Grootste daling van HHI tussen 2012 en 2018
Germanium (+1.900)	Grafiet
Gallium (+1.475)	Nickel
Alumina (+1.130)	Zirconium
Tellurium (refined) (+1.100)	Tungsten (-970)
Lithium minerals	Beryllium (-1233)
Magnesite	Antimony (-2.390)
Indium	Rare earth oxides (-2.900)

De sterkste verbetering (verlaging) van HHI heeft tussen 2012 en 2018 plaatsgevonden voor zeldzame aardmetalen (ZAM). Overigens is deze HHI nog steeds erg hoog met een waarde van tegen de 6000. De gegevens gepubliceerd door de BGS geven echter aan dat vanaf 2012 ook productie van ZAM is ontstaan in de Verenigde Staten, Brazilië, Vietnam, India, Myanmar en Burundi. De grootste verandering is wel opgetreden in de VS waar in 2018 weer stevige productie is opgestart in de Mountain Pass mijn op de grens van Nevada en Californië. Overigens laat dezelfde bron (USGS Mineral Commodity Summaries) zien dat deze totale productie wordt geëxporteerd. Zonder verdere vermelding kan worden aangenomen dat dit naar China zou kunnen zijn, omdat zich daar de meest complete verwerkingsinfrastructuur voor de raffinage van zeldzame aarden bevindt en de rest van de waardeketens voor ZAM-applicaties.

Er kan geconcludeerd worden dat over de bekeken periode er enkele fluctuaties plaatsvinden m.b.t. concentratie van winning, maar dat weinig van die fluctuaties een significante verschuiving teweegbrengen t.o.v. een mogelijke 'signaalwaarde' van 2500, dat wordt beschouwd als een indicatie voor risicovolle monopolyvorming. Zelfs de grootste verschuivingen zorgen ervoor dat materialen in de 'kritieke' zone (HHI > 2500) blijven zitten. Verder valt op dat data in de meest gebruikte publieke bronnen (BGS en USGS) sterk van elkaar kunnen verschillen zonder dat daar verklaringen voor de hand liggen. Met name op het gebied van de materialen met een klein productievolume of materialen die hoofdzakelijk of uitsluitend als companion worden gewonnen zijn de data onbetrouwbaar.

Kwaliteit van bestuur

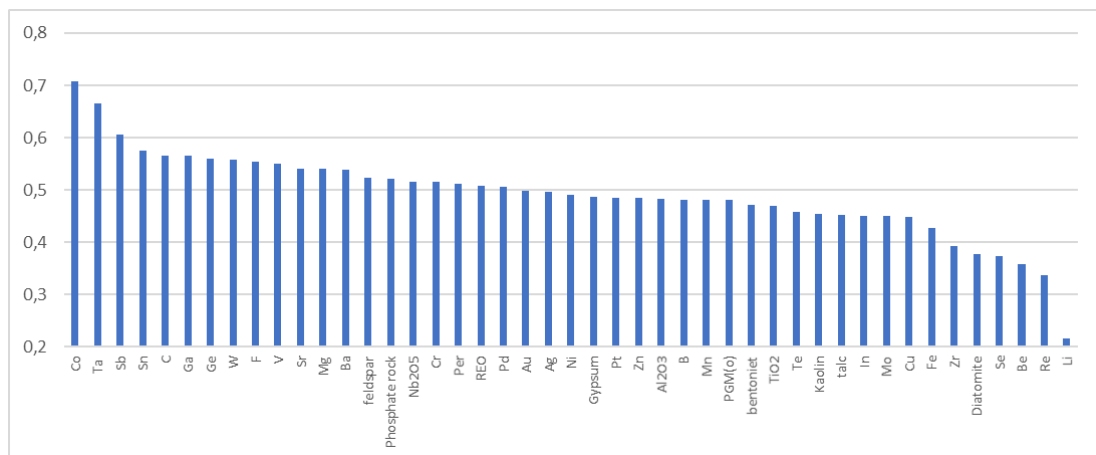
De korte-termijn-kritikaliteit wordt mede bepaald door de gewogen World Governance Index van een grondstof, oftewel de gewogen gemiddelde WGI-waarde van een bepaalde grondstof. De ontwikkeling van de WGI tussen 2012 en 2018 is gebaseerd op de gegevens die door de World Bank worden samengesteld. Een verslechterende WGI zal voornamelijk negatieve invloed hebben op de wereldwijde leveringszekerheid als het gaat om grote productie-aandelen. Dit geldt dus voornamelijk voor de situatie in Mexico en Turkije voor de in de Tabel 4 genoemde materialen, omdat dit bronlanden zijn voor de EU met een groot (>40%) aandeel in de grondstofvoorziening. Aan de andere kant zal een verbeterende WGI van met name India een merkbare invloed kunnen hebben op leveringszekerheid van de materialen waarin India een groot marktaandeel heeft.

Ter illustratie worden de landen met de 5 meest gunstige en meest ongunstige WGI-getallen in de volgende tabel gegeven:

Tabel 5 Beste en slechtste WGI-scores in 2018

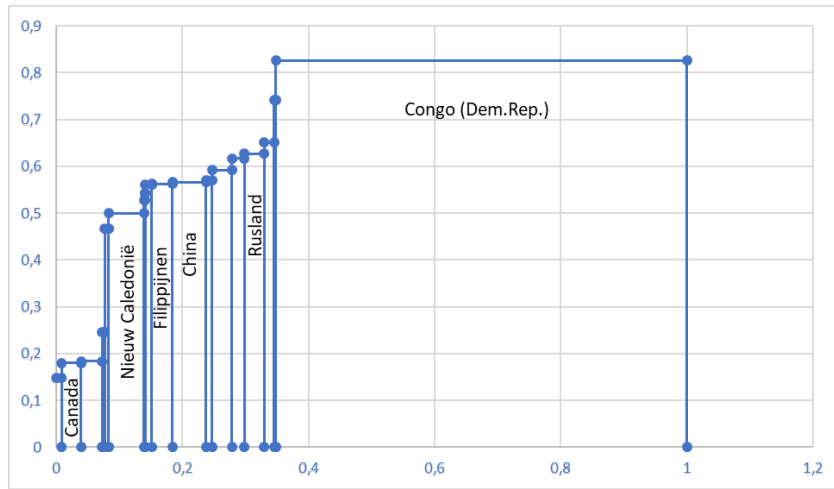
5 beste WGI-scores in 2018	5 slechtste WGI-scores in 2018
New Zealand	Libya
Switzerland	Syria
Norway	Yemen, Republic of
Finland	South Sudan
Luxembourg	Somalia

Deze WGI wordt niet rechtstreeks ingezet in analyses maar wordt gebruikt om een tot een 'gewogen WGI' per grondstof te komen. Met een gewogen WGI wordt tot uitdrukking gebracht dat een materiaal des te kritieker is naarmate de winning meer plaatsvindt in landen met een ongunstige WGI. Ter illustratie is in Figuur 10 de gewogen WGI per materiaal gegeven voor een grote hoeveelheid grondstoffen.



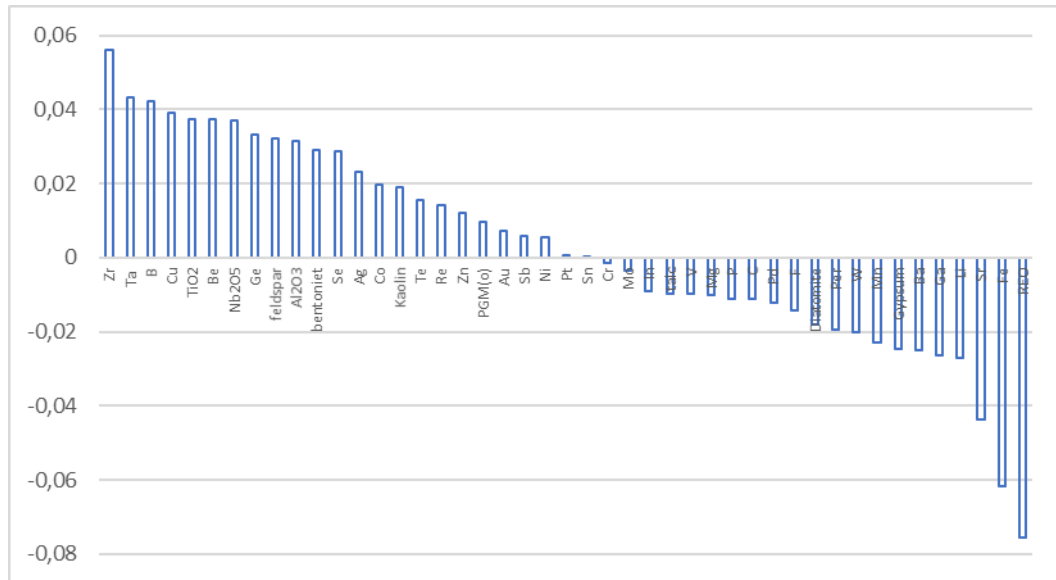
Figuur 10 Gewogen WGI-score op basis van WGI-gegevens van bronlanden voor 2018

In deze lijst is kobalt (Co) het materiaal dat afkomstig is uit landen met de gemiddeld meest ongunstige WGI-score (zoals Congo), lithium uit landen met gemiddeld de meest gunstige WGI-score (zoals Australië met een aandeel tussen de 70 en 80% van de wereldproductie). De gemiddelde score zegt wellicht niet veel over de mogelijke risico's m.b.t. betrouwbare levering. Daarom kunnen deze WGI-scores ook worden uitgezet als in Figuur 11 waar de cumulatieve wereldproductie van kobalt wordt afgezet tegen de WGI-scores van de bronlanden. Hieruit komt duidelijk naar voren dat het enorme aandeel van Congo in de productie van kobalt en de ongunstige WGI-score van dat land een gemiddeld ongunstige WGI voor kobalt oplevert.



Figuur 11 WGI (y-as) versus aandeel in aanbod op wereldmarkt (x-as) van Kobalt (Co)

In Figuur 12 wordt weergegeven hoe, deels als gevolg van veranderingen in WGI-score en deels als gevolg van veranderingen in productievolumina in bronlanden de gewogen WGI-score ten gunste (negatieve waarden) dan wel ten negatieve (positieve waarden) is veranderd.



Figuur 12 Veranderingen van gewogen WGI-score tussen 2012 en 2018

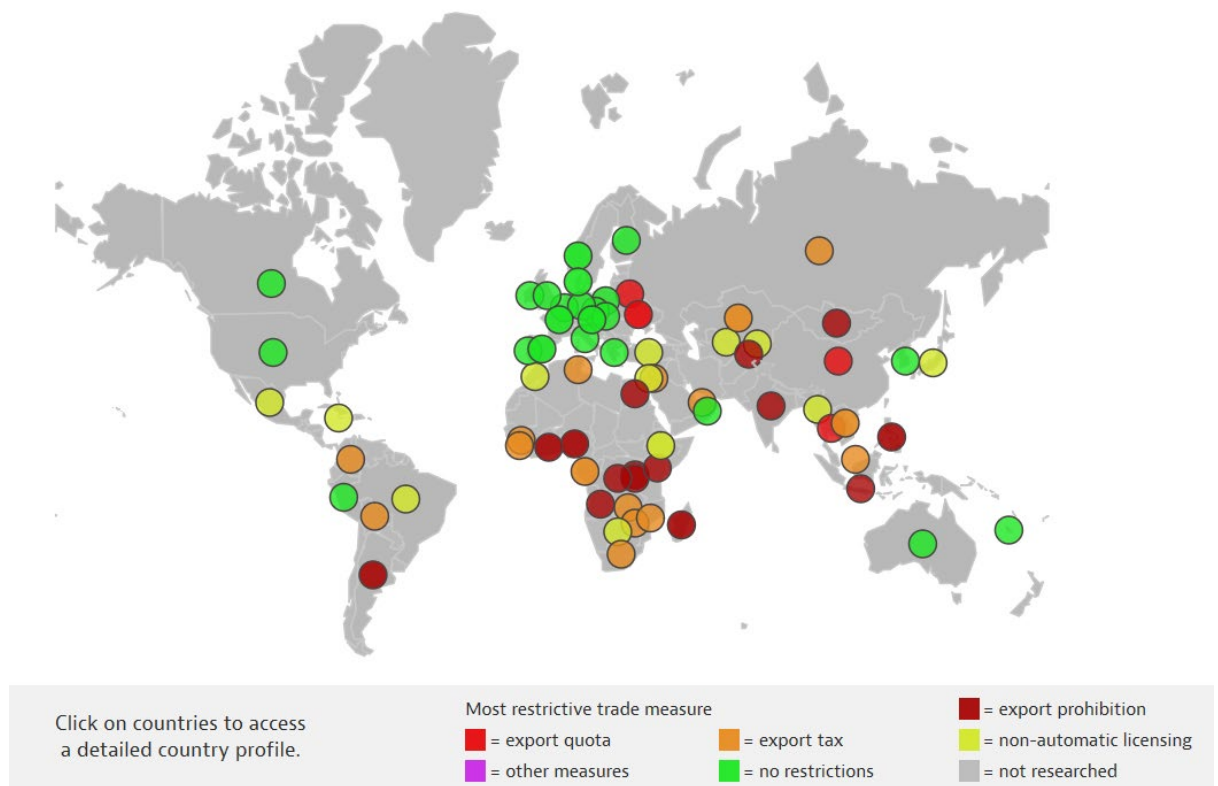
Voor grondstoffen ijzererts en zeldzame aarden is de gewogen WGI-score juist verbeterd, alweer door een combinatie van productieverhuizing en eventueel veranderende WGI-scores per land. Voor zeldzame aardoxiden hadden we al gezien dat het monopolie van China enigszins was afgenomen, onder andere door een productiestijging in de VS. Daarmee is gelijk duidelijk dat de gewogen WGI-score voor deze grondstof gunstiger is geworden.

De conclusie van bovenstaande observaties is dat de verschuivingen van WGI-scores een mogelijke indicator kunnen zijn van veranderingen op

de stabiliteit van de wereldmarkt van grondstoffen op het moment dat een land een significant aandeel in die wereldmarkt heeft. Tegelijk zien we dat de verschuiving van productie-aandeel en de verschuiving naar landen met een (bijvoorbeeld) ongunstiger WGI-score een groter effect heeft op de gemiddelde WGI-score per grondstof. Op beleids- en op strategisch bedrijfsniveau is inzicht in de herkomst van grondstoffen, en de mogelijke alternatieven op dat vlak wel degelijk van belang, ook al zullen de verschillen niet groot zijn van jaar tot jaar. Dat wordt anders indien het mogelijk wordt gegevens over meer lokale en tijdelijke conflicten (stakingen, regionale onrust, plotselinge verandering van aard van bestuur) te combineren met winningsgegevens, eventueel en indien relevant ook regionaal gedifferentieerd.

Exportrestricties

De OECD houdt een database bij waarin per land en per grondstof (de aard van de) eventueel gehanteerde exportrestricties wordt bijgehouden (OECD 2021). Deze database leent zich niet voor de identificatie van eventuele verschuivingen over de jaren heen: het geeft steeds de actuele stand van zaken aan. Voor een kritikaliteitsanalyse is dat ook niet zo relevant: het kan zelfs betoogd worden dat de wijze waarop en de mate waarin landen bereid zijn exportrestricties te hanteren niet van jaar tot jaar zullen verschillen, maar een beeld vormen van het meer continue risico dat importerende landen lopen bij het zakendoen met dergelijke bronlanden. De OECD onderscheidt een aantal maatregelen met verschillende 'zwaartes' waar het gaat om de risico's die importerende landen lopen: van het niet automatisch verstrekken van licenties voor export, naar exportheffingen, exportquota of zelfs exportverboden.



Figuur 13 Overzicht van handelsrestricties (OECD 2021)

In het rapport *Materialen in de Nederlandse Economie* uit 2015 werd gebruik gemaakt van de toen beschikbare overzichten van de OECD, waarin de gegevens uit 2011 zijn gerapporteerd. Om een vergelijking te kunnen maken tussen 2012 en 2018 maken we gebruik van de gegevens die zijn vastgelegd in de OECD-site: qdd.oecd.org.

Voor de kritikaliteitsanalyse zullen we analyseren welk aandeel van elk van de hier beschouwde grondstoffen uit landen komt die inzetten op beperkende licenties, exportheffingen, exportquota en/of exportverboden. Het niet automatisch verstrekken van licenties kan immers dezelfde effecten hebben als directe exportmaatregelen: zo beschermt een aantal landen met deze maatregelen de eigen downstream-industrie, of wordt controle op illegale export of nadelige milieueffecten uitgeoefend. Kortom: ook export uit landen die niet automatisch licenties verstrekken kent een zeker leveringsrisico.

Figuur 13 geeft overzicht van die landen die in 2017 in enigerlei vorm handelsrestricties toepassen voor hun grondstoffen. In totaal zijn exportrestricties in één of andere vorm (voor de hier geanalyseerde materialen) gerapporteerd voor 36 verschillende landen, en 39 grondstoffen.

De vijf landen waarvoor in 2017 de meeste restricties zijn gerapporteerd zijn gegeven in de volgende tabel.

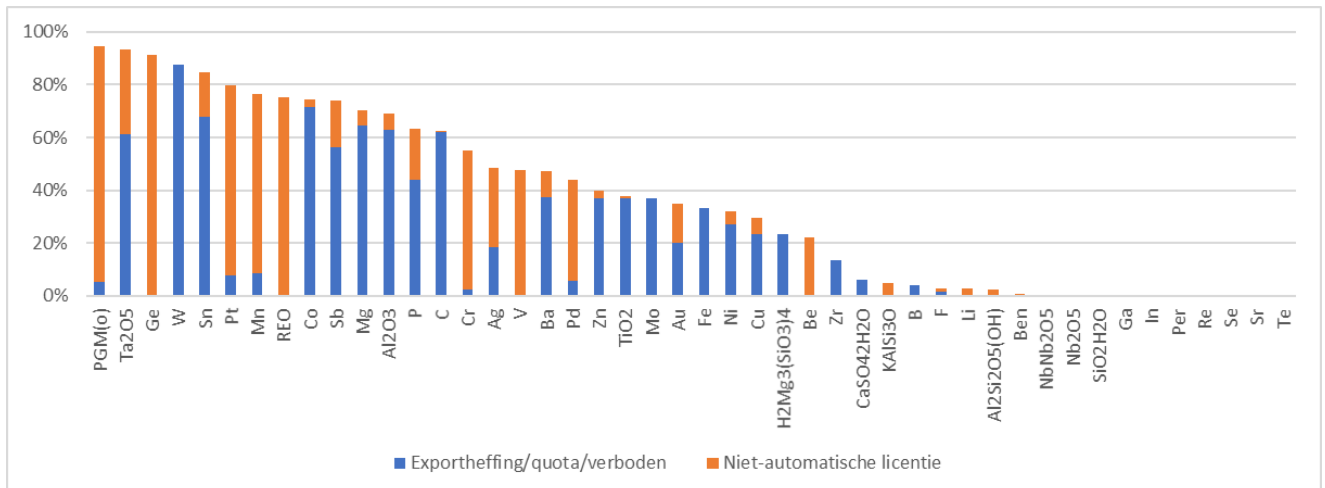
Tabel 6 Landen met meeste exportrestricties

Land	Aantal restricties	Restricties
China	28	Exportheffingen: Co, Cu, Fe,
Marokko	10	Niet-automatische licentie: Co
Indonesië	9	Exportverbod: Co, Cu, Ni
Zuid-Afrika	9	Niet-automatische licentie: Sb, Cr, Ge, Au, Mn, Pd, Pt, andere PGMs, Nb

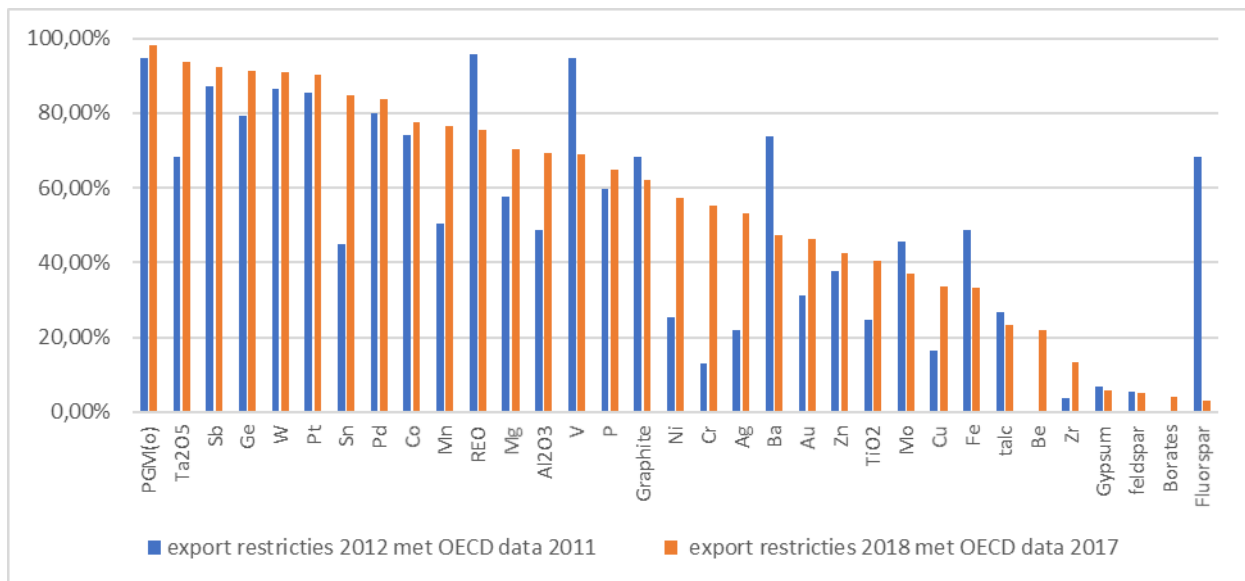
De mate waarin China handelsrestricties toepast op haar grondstoffen is enigszins vertekend door het grote aantal verschillende grondstoffen dat in China gewonnen wordt. Opvallend is de rol van Indonesië: als enige land hanteert dit land voor de hier beschouwde grondstoffen een aantal exportverboden, met als doel de eigen downstream-industrie te beschermen. Overigens blijkt uit het door de OECD samengestelde overzicht dat veel landen exportverboden voor staalschroot hanteren. In deze analyse wordt verder niet ingegaan op de situatie rond dit materiaal.

Ten opzichte van 2011 zijn-naast de hoeveelheid betrokken landen en grondstoffen- enkele opvallende verschillen waarneembaar:

- China hanteerde voor 8 materialen exportquota (waaronder voor zeldzame aardmetalen) in 2011, terwijl dat in 2017 alleen nog voor zilver en fosfaat gold.
- Het hanteren van exportverboden werd in 2011 niet gerapporteerd terwijl er in 2017 in totaal 12 exportverboden van kracht waren, waarvan 7 door Indonesië.



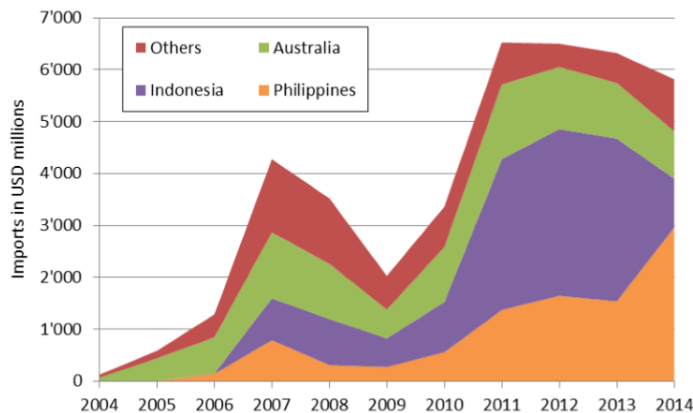
Figuur 14 Aandeel exportrestricties in totale productie (data 2017)



Figuur 15 Aandeel exportrestricties in 2011 en 2017 (OECD 2021)

Uit het overzicht van Figuur 14 blijkt dat van tal van materialen meer dan 50% tot zelfs meer dan 90% afkomstig is uit landen die actief exportbeleid hanteren. Dit beeld wordt mede gedomineerd door de belangrijke positie van China als mijnbouwland, en de mate waarin China exportbeleid uitvoert. Zeldzame aarde metalen hebben een aandeel van 75-95%. Het op het eerste oog restrictieve beleid van Indonesië (vanwege de instelling van exportverboden) is met name van belang voor nikkel (Ni, aandeel Indonesië in de wereldproductie varieert in de periode 2012 - 2018 tussen 22-37%) en tin (Sn, aandeel 24-33%). De achtergrond en de consequenties van het exportverbod op nikkel is door de UNCTAD gepubliceerd (UNCTAD 2017). De UNCTAD constateert dat de stijging van mineraalprijzen rond 2012 wereldwijd leidde tot exportverboden. In Indonesië was het in 2014 ondertekende verbod een uitvloeisel van een in 2009 aangenomen wetgeving die ten doel had lokale downstream-industrie te stimuleren en op die manier meer te profiteren van zowel de prijs- als de volumestijgingen.

De onmiddellijke gevolgen voor de Indonesische export waren duidelijk: China -als veruit grootste afnemer- verlegde zijn importkanalen naar o.a. de Filipijnen.



Source: UNCTADStat, SITC code 284 (Nickel ores & concentrates; nickel mattes, etc.)

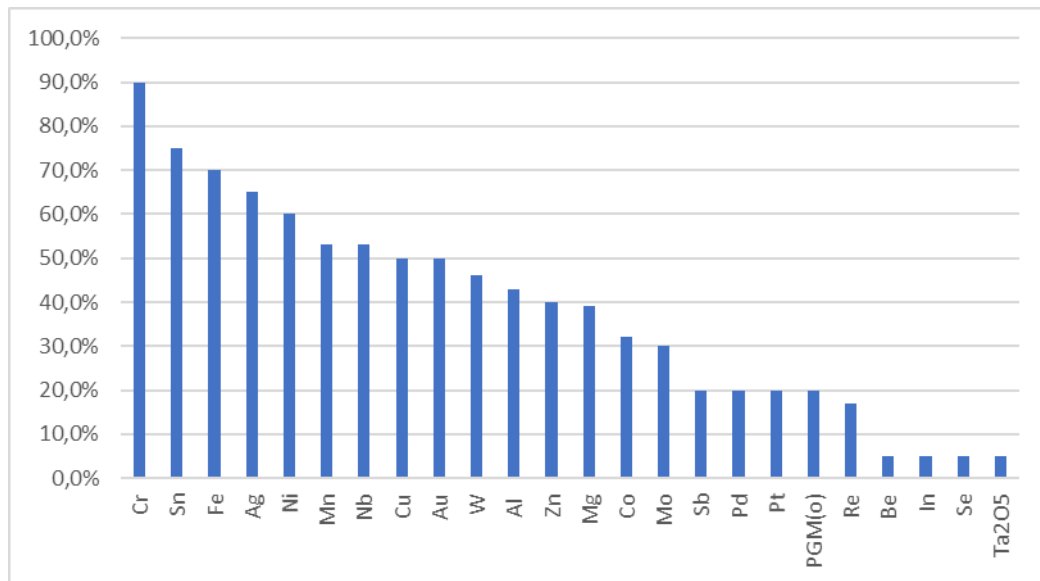
Figuur 16 Chinese import van nikkelerts

Na deze exportrestrictie steeg de prijsindex (2000 = index 100) voor nikkel snel van 160 naar 220, waarna de prijs weer afnam tot de afbouw van de restrictie in 2017. Overigens leidde het exportverbod tot een blijvende afname van mijnbouw, maar een toename van lokale smelters en daarmee netto tot een verhoging van toegevoegde waarde voor de Indonesische samenleving. Overigens constateert het rapport dat het lokale nikkel van zodanige kwaliteit is dat afnemers niet zondermeer konden overstappen op andere leveranciers, zodat deze restrictie beter uitpakte dan bijvoorbeeld voor bauxiet.

De conclusie is hier dat het voor overheden en inkopers zondermeer zinvol is om beleidsontwikkeling op het gebied van mijnbouw gerelateerde exportrestricties te volgen. Anders dan eerder besproken indicatoren als HHI en WGI, is dit een sneller fluctuerende parameter. Daarnaast zou het de voorkeur verdienen als de opmaat naar het veranderen van handelsbeleid ook in beeld komt. Het Indonesische geval laat zien dat het exportverbod een uitvloeisel was van 5 jaar daarvoor ingestelde regelgeving. Zulke kennis draagt bij aan beter inzicht in risico's in de supply chain.

Toepassing gerecycled materiaal

De rol van de recycling-graad in de bepaling van de kritikaliteit is moeilijk te duiden. De mate waarin recycling plaatsvindt kan in principe de leveringszekerheid verbeteren omdat de 'bronlanden' van recycling landen zullen zijn met een goede WGI-score en in het algemeen zonder exportrestricties. Deze 'bronlanden' verlagen ook de HHI-score. Probleem is echter dat de gegevens over de locaties en volumes van recycling niet publiek beschikbaar zijn. In plaats daarvan wordt in verschillende kritikaliteitsanalyses de recyclinggraad meegenomen. Voor een analyse van het verloop tussen 2012 en 2018 is deze parameter niet geschikt omdat -ook daar- data niet beschikbaar zijn. Voor een analyse zullen dus dezelfde aannames gedaan worden voor 2012 en 2018.

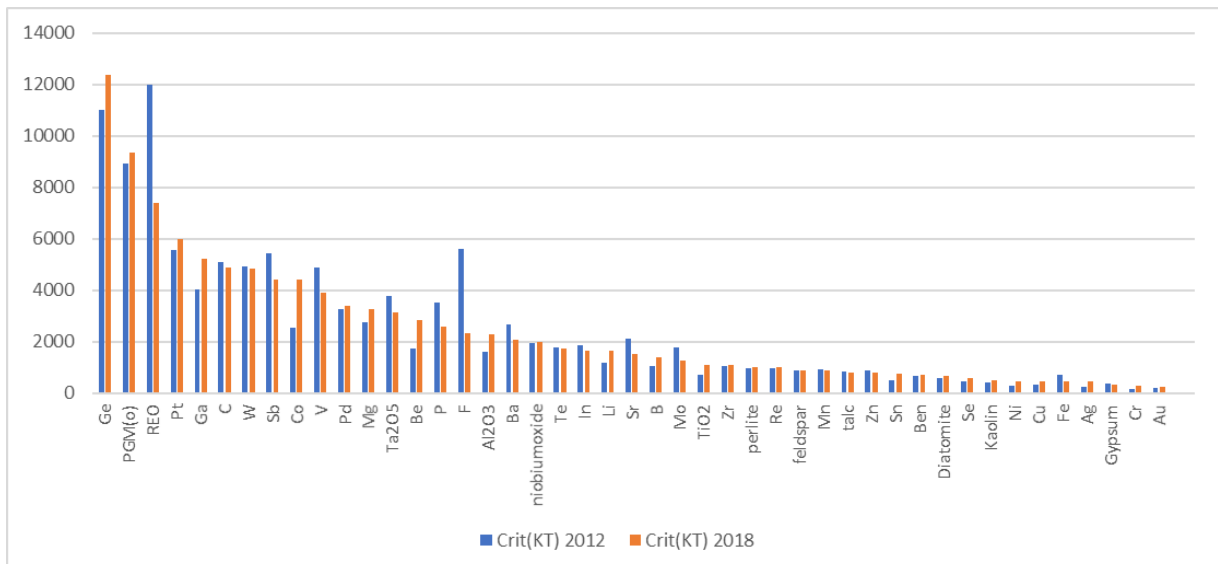


Figuur 17 Recyclingpercentages

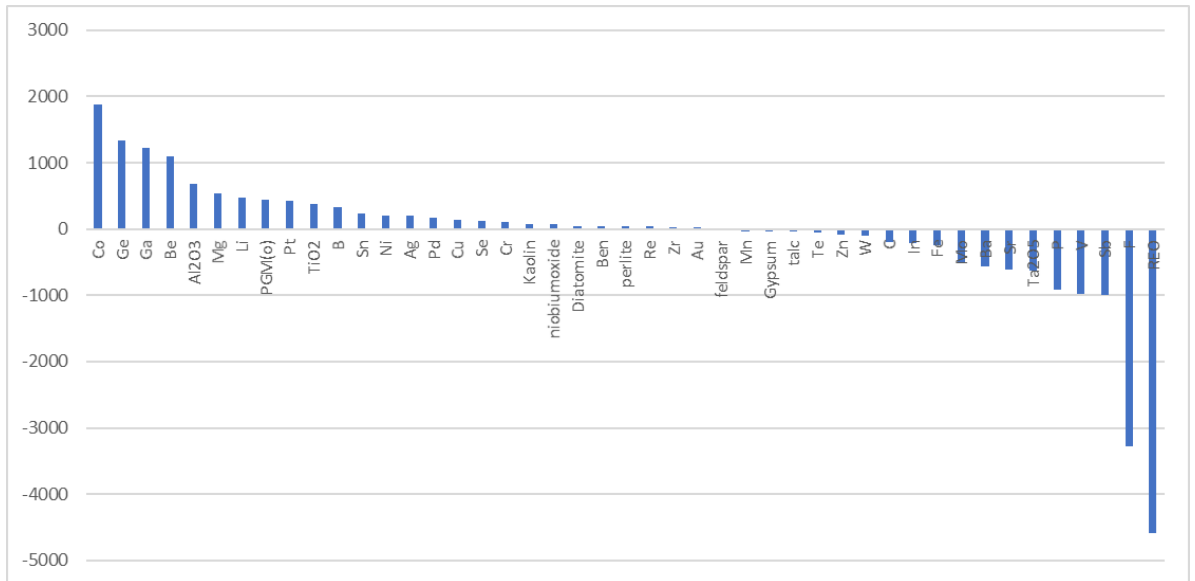
Verschuiving van kritikaliteit tussen 2012 en 2018

Zoals eerder besproken heeft TNO in 2015 korte-termijn-kritikaliteit volgt vastgesteld: $Criticality_{KT} = HHI_{prod} * (WGI_{gewogen} + OECD-restrictie_{Sgewogen}) * (1 - \%EOL-RR)$ (Bastein and Rietveld 2015).

Eerdere paragrafen hebben gegevens opgeleverd rond de verschillende onderdelen waar de korte-termijn-kritikaliteit is opgebouwd.



Figuur 18 Korte-termijn-kritikaliteit in 2012 en 2018



Figuur 19 Verschil tussen kritikaliteit in 2018 en 2012 (positief = grotere kritikaliteit in 2018)

De grootste stijgingen tussen 2012 en 2018 zitten bij kobalt, germanium, gallium en beryllium. De grootste dalers zijn: zeldzame aardmetalen en fluorspar en in mindere mate antimoon, vanadium en fosfaat.

Bijlage F – Ontwikkelingen databases in andere studies met expliciete vermelding kritieke grondstoffen

Auteur: Elmer Rietveld, TNO

Het PANORAMA project van de KIC EIT Raw Materials is in Europa de duidelijke opvolging van het Nederlandse initiatief om productgroepen en grondstoffen te koppelen. Het project zal in 2022 worden opgeleverd en voor 12 grondstoffen een vernieuwde versie geven van de GSS database. Doordat veel meer middelen zijn geïnvesteerd is de verwachting dat de kwaliteit van de database beter zal zijn. Daarnaast is de bronvermelding sterk verbeterd. Dit zal dus een verbeterde koppeling met de MM opleveren.

In een aanstaand H2020 project met code SC5-31 zal de Europese Commissie trachten in 2025 een Europese volwaardige versie van de GSS te lanceren. Nieuwe ICT oplossingen spelen hierbij een rol. Ook ZZS zullen naar verwachting worden gekoppeld aan de productgroepen, wat een stap voorwaarts zou zijn t.o.v. de huidige informatie op de relevante EU sites en ook de GSS waar het koppeling tussen grondstoffen en ZZS betreft.

Yale (Verenigde Staten), afdeling Industrial Ecology, heeft in 2018 deze website gelanceerd: <https://is4ie.org/resources/links/inputoutput>. Het werk van deze afdeling, onder leiding van T. Graedel, is toonaangevend in de wereld op gebied van grondstofafhankelijkheid. De onderzoeksafdeling beschikt over een database waarin voor enkele honderden producten de volledige waardeketen in een dataset is vervat. De database bevatte in 2012 zeven kritieke materialen, 49 landen en 200.000 productgroepen. Een enkele waardeketen bevat duizenden onderdelen, elk een specifiek bedrijf met bijbehorend product representerend. CML onderhoudt goede contacten met deze afdeling en kan voor een onderzoek agenda van het GRIS een verbindende rol spelen.

NIMS (Japan), afdeling Materials Science. Het werk van deze afdeling is eveneens toonaangevend in de wereld, ditmaal met name op gebied van de koppeling van grondstof en product. De database bevat vrijwel alle specifieke metalen die in de economie gebruikt worden en vele duizenden productgroepen. De accuratesse van deze data is hoger dan de koppelmatrix die het hart vormt van deze studie. In samenwerkingsverbanden geïnitieerd door de EU is het gebruik van deze data reeds besproken en is aldus een reële mogelijkheid. Met name de gerapporteerde "typical shares", de aanwezigheid van de hoeveelheid metaal in een productgroep, kan hierdoor verbeteren.

GRANTA (Verenigd Koninkrijk), afdeling product technology design. Dit bedrijf is al jaren toonaangevend in advies op het gebied van productontwerp. Hun track-record heeft hen in staat gesteld om een database aan te leggen die in hoge mate van detail de samenstellingsgegevens van producten weergeeft. De exacte reikwijdte

van de database is niet duidelijk, maar een indicatie wordt gelegd met de omvang van ECO-INVENT. Dit komt neer op meer dan 30.000 productgroepen, 70 materialen en talloze milieu-impacts. Daarnaast zijn specifieke ontwerpgegevens van materialen en productgroepen in beeld gebracht (waaronder en verdeling van typische levensduur).

Chalmers (Zweden), afdeling Urban Studies. Onder leiding van L. Rosado is een database aangelegd van ca. 15.000 productgroepen en tientallen grondstoffen. Waar het detail in grondstoffen minder is dan de koppelmatrix, beschikt deze database over gedetailleerde informatie over geografische herkomst- en bestemming en gebruikaspecten. De database zal een belangrijk element vormen van Europees onderzoek naar de Urban Mine in de EU. Om die reden is een samenwerking met deze partij in het kader van toekomstige studies niet slechts mogelijk, maar nadrukkelijk gewenst.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag