

Kritikaliteit van grondstoffen: ontwikkeling en operationalisatie



Ton Bastein, Thomas Hajonides van der
Meulen, Elmer Rietveld
TNO
Maart 2021

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2021 R10515

Kritikaliteit van grondstoffen – ontwikkeling en operationalisatie

Datum	maart 2021
Auteur(s)	Ton Bastein, Thomas Hajonides van der Meulen, Elmer Rietveld
Aantal pagina's	85 (incl. bijlagen)
Opdrachtgever	PBL, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Projectnaam	WP 3.7 CE werkprogramma
Projectnummer	060.43338

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	4
1	Introductie: kritikaliteit in het werkprogramma Circulaire Economie 9
1.1	Geschiedenis: indicatoren voor leveringszekerheid van grondstoffen 9
1.2	Focus op producten in plaats van op grondstoffen: case study van vier materialen in drie producten..... 12
1.2.1	Case study stap 1 - Van product naar grondstof..... 12
2	Ontwikkelingen tussen 2012 en 2018 15
2.1	Algemeen..... 15
2.2	Concentratie van mijnbouw in bronlanden 15
2.2.1	Case study stap 2 - HHI-ontwikkeling voor koper, nikkel, kobalt en platina..... 19
2.3	Ontwikkeling van de World Governance Index en gevolgen voor ‘kritikaliteit’ 20
2.3.1	Case study stap 2 - WGI-ontwikkeling voor koper, nikkel, kobalt en platina..... 25
2.4	Exportrestricties 26
2.4.1	Case study stap 2 - Ontwikkeling m.b.t. exportrestricties voor koper, nikkel, kobalt en platina 31
2.5	Recycling 32
2.5.1	Case study stap 2 - WGI-ontwikkeling voor koper, nikkel, kobalt en platina..... 37
2.6	Verschuiving van kritikaliteit tussen 2012 en 2018..... 38
2.6.1	Case study stap 2 - ontwikkeling van korte-termijn-kritikaliteit voor koper, nikkel, kobalt en platina..... 40
3	Verkenning naar dynamische indicatoren: PMI, prijsvolatiliteit, leveringsonderbrekingen 41
3.1	Inleiding: waarom nieuwe indicatoren introduceren? 41
3.2	De Purchasing Managers' Index PMI: voorbeeld van een operationele grondstof-gerelateerde indicator 41
3.2.1	De opbouw van de PMI 41
3.2.2	Het verloop van de PMI in de afgelopen jaren 42
3.3	Prijs en prijsvolatiliteit van grondstoffen 44
3.3.1	Prijzen een belangrijke risicoparameter voor het bedrijfsleven 44
3.3.2	Achtergrond van volatiliteitsbepalingen en de noodzaak van data 45
3.3.3	De prijsvolatiliteit van koper in detail 46
3.3.4	Concluderende inzichten m.b.t. het inzetten van prijs en marktprijsvolatiliteit als indicatoren 48
3.3.5	Case study stap 2 - Prijsvolatiliteit van kobalt, nikkel en platina 49
3.4	Acute leveringsonderbrekingen als indicator..... 52
4	Kritikaliteit van grondstoffen voor batterijen, windturbines en electrolyzers: analyse van case-studies 54
5	Review van de gehanteerde kritikaliteitsindicatoren 63
5.1	Companionality 63
5.2	Recycleerbaarheid..... 63
5.3	Ecologische voetafdruk van grondstoffen 64
5.4	Geologische grondstofreserves en de R/P-verhouding..... 64
5.5	Geopolitieke monopolievorming en de invloed van het bronland: HHI en WGI 65
5.6	Prijsvolatiliteit en handelsrestricties..... 66

5.7	Handelsinformatie: de PMI	67
5.8	Samenvattend: indicatoren en tijdshorizonten	67
6	Hoe operationaliseren beleidsmakers en inkopers kritikaliteit?	69
6.1	Algemeen: bepaling van risico's van leveringszekerheid voor strategische vragen of dagelijks beleid?	69
6.2	Strategische lange termijn-risico's: risicomangement in de EU en US	69
6.3	Management van korte-termijn-risico's: risicomangement door bedrijven en overheidsondersteuning in Duitsland	71
6.4	Operationalisatie van kritikaliteit in Nederland	73
6.5	Concluderend: versterk de link tussen leveringszekerheid van grondstoffen en het welzijn van Nederland	75
7	Conclusies en aanbevelingen: de onderzoeksagenda 2021 e.v.	77
7.1	Conclusies en aanbevelingen.....	77
7.2	De onderzoeksagenda 2021 en verder	79
7.2.1	Bijdrage aan ontwikkeling van risico-analyses zoals in het kader van Strategische Autonomie voorgesteld.....	79
7.2.2	Focus op producten en bottlenecks in de toeleverketen.....	79
7.2.3	Ontwerp van indicatoren gericht op toekomstige vraag	81
7.2.4	Versterking van kennis omtrent de koppeling grondstoffen-producten	82
7.2.5	Verbeter focus op operationalisatie door coördineren gebruik commerciële tools bij overheid en bedrijfsleven.....	83
7.2.6	Versterking van de Grondstoffenscanner	83
7.2.7	Ontwikkel kansen op basis van nieuwe technologie: block chain en materialenpaspoort.....	84

SAMENVATTING

Leveringszekerheid van grondstoffen is één van de pijlers onder het CE-beleid in Nederland. In het kader daarvan geeft dit rapport een update van leveringszekerheid van grondstoffen voor de Nederlandse economie (t.o.v. 2012) en gaat het rapport in op de eventuele achterliggende oorzaken van deze verschuivingen. Verder levert dit rapport een kritisch commentaar op de tot nu toe gehanteerde indicatoren en op de manier hoe deze indicatoren worden en kunnen worden ingezet om tot beleidskeuzes te komen.

Kleine verschuivingen in kritikaliteit voor een aantal grondstoffen is geconstateerd...

De situatie met betrekking tot leveringszekerheid is tussen 2012 en 2018 voor enkele materialen enigszins veranderd (uitgewerkt in Hoofdstuk 2). De grootste stijgingen in kritikaliteit (oftewel: afname in leveringszekerheid) tussen 2012 en 2018 hebben plaatsgevonden bij germanium, alumina, beryllium, magnesium en gallium. De grootste afname van kritikaliteit trad op bij zeldzame aardmetalen en fluorspar en in mindere mate antimoon, grafiet, vanadium en bariet. De achtergrond van deze verschuivingen ligt deels in het veranderen in de mijnbouw-concentratie, in bepaalde gevallen gepaard gaand met een verandering van de gemiddelde aard van de bronlanden (bepaald door hun WGI) en door verschuivingen op het gebied van handelsrestricties.

... maar de gebruikte indicatoren zijn tamelijk statisch.

Bij de bestaande analyse van kritikaliteit maken we vooral gebruik van indicatoren die hooguit op zeer lange termijn kunnen veranderen, en bovendien behoorlijk onafhankelijk zijn van acties door overheden of bedrijfsleven. De huidige bepaling van kritikaliteit wordt immers voornamelijk bepaald door de concentratie van bronlanden, de aard van bestuur in die bronlanden en de mate waarin die landen exportrestricties aan grondstoffen opleggen. De situatie rond internationale grondstof- en productieketens is echter volatieler dan slechts uit de verdeling van mijnbouwproductielokaties kan worden afgeleid.

Andere, deels commercieel beschikbare data geven dynamischer informatie over kwetsbaarheid in de keten,

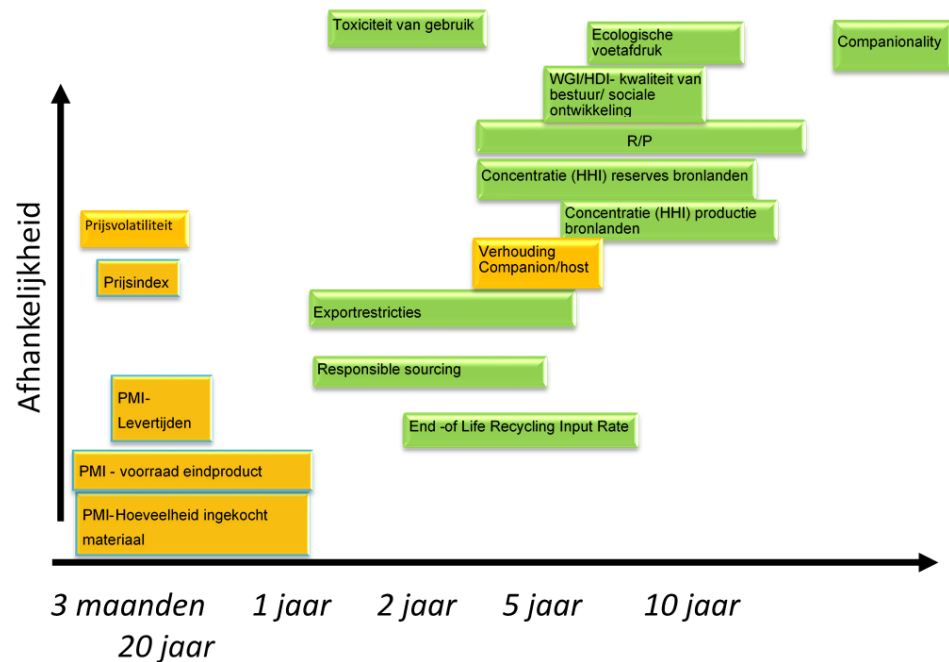
Daarom worden in dit rapport enkele dynamische parameters en databases geïntroduceerd t.b.v. adaptieve beleidsvorming (in Hoofdstuk 3). Hieronder vallen prijs- en volatiliteitsanalyses, inzet van de Procurement Managers Index PMI en eventueel andere commercieel beschikbare supply chain en leveringsrisico-tools. De PMI (en de onderliggende indicatoren rond levertijden, prijs van grondstoffen, voorraadvorming), die in Nederland door NEVI wordt gepubliceerd, geeft een maandelijks beeld op basis van 26.000 bedrijven in tal van sectoren wereldwijd, en 400 Nederlandse bedrijven. Daarmee ontstaat een waardevolle dynamische parameter, die echter geaggregeerd is over alle deelnemende sectoren, waardoor relevant detail op specifiek materiaalniveau ontbreekt. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of het mogelijk is de gedetailleerdere brondata in te kunnen zetten voor kritikaliteitsstudies.

Het introduceren van prijsvolatiliteit als dynamische indicator is bij het uitvoeren van professioneel risico- en inkoopmanagement zeer gebruikelijk, en zou alleen al daarom meegenomen moeten worden in toekomstige kritikaliteitsanalyses. Ook hier

speelt weer een dataprobleem (over niet alle materialen zijn publieke data beschikbaar). Nadere bestudering van data rond prijsvolatiliteit moet onder andere leiden tot het vaststellen van causaliteit van volatiliteit.

.. en daarmee ontstaat een geheel aan indicatoren met impact en dynamiek over verschillende tijdshorizonten.

In Hoofdstuk 5 wordt een kritische review gegeven van de karakteristiek van alle eerder geïntroduceerde indicatoren voor kritikaliteit. Elk van de indicatoren die besproken worden belichten een bepaald aspect van de risico's omtrent leveringszekerheid, maar ze zijn niet alle in gelijke mate geschikt om de ontwikkelingen op dat vlak te monitoren, noch om de impact van beleid te kunnen toetsen. Alle indicatoren overziend valt op dat er een groot verschil is in tijdshorizont waarop indicatoren significant van waarde kunnen veranderen, en van de mate waarin we invloed kunnen hebben op de waarde van een indicator (oftewel: de mate waarin we afhankelijk zijn van de indicator). Een eerste beeld van de aard van indicatoren en de kenmerkende tijdskonstanten voor verandering van deze indicatoren wordt gegeven in onderstaande figuur.



Een relevante toevoeging zou zijn om verwachtingen over toekomstige behoefte explicieter mee te nemen in risicobeoordelingen en de formulering van beleid. Dit laatste geldt bij uitstek voor de gevolgen van de energie-transitie, waarbij competitie kan ontstaan voor essentiële materialen met andere, sterk competitieve applicaties. In dit rapport doen we een voorzet door in te zoomen op de kritikaliteit van kobalt, platina, koper en nikkel en de gevolgen voor drie aan de energietransitie gelieerde producten: een accu voor elektrische auto's, een electrolyzer voor productie van waterstof en een windturbine. Daarbij gaan we uit van de materiaalcompositie van deze producten, de kritikaliteit van deze materialen en de groeiverwachtingen van de toepassing van deze producten.

Combinatie van deze drie stappen leidt tot het volgende overzicht (Hoofdstuk 4):

	Koper	Nikkel	Kobalt	Platina
100kWh EV NCA batterij:	Risico-arm	Risico-arm	Risico-vol	N/A
10 MW offshore windturbines:	Risico-arm	Risico-arm	N/A	N/A
1MW PEM stacks:	Risico-arm	N/A	N/A	Risico-vol

Het verband tussen materiaal, applicatie en groeiverwachting kan leiden tot gerichte keuzes voor op producten gericht beleid, bijvoorbeeld in het kader van het CE-beleid. Deze aanpak zou wezenlijk onderdeel kunnen uitmaken van prioritering van CE-doelen.

Er zijn voorbeelden waar grondstofdata leiden tot beleid...

Dit rapport heeft als belangrijk thema de vraag hoe (in ieder geval) overheden het begrip kritikaliteit kunnen operationaliseren. Het is in dat verband interessant om te kijken hoe bedrijven en enkele andere landen (Duitsland, de EU en de Verenigde Staten als voorbeeld) het begrip kritikaliteit en leveringszekerheid operationaliseren (Hoofdstuk 6). Waar het (grotere) bedrijfsleven dynamisch supply-chain-management inzet t.b.v. ononderbroken productie en risico-inschattingen voor langere termijn-ontwikkelingen, worden deze gegevens door overheden ingezet voor het inschatten van lange-termijn-risico's, zoals we zien in de Verenigde Staten (waar op basis van continu risicomangement o.a. strategische voorraden worden opgebouwd) en de EU (waar R&D-budgetten gekoppeld worden aan de inschatting van kritikaliteit). In Duitsland (DERA) wordt ingezet op directe ondersteuning van het bedrijfsleven door hoogwaardige informatievoorziening.

... maar in Nederland is dat tot nu toe maar zeer beperkt het geval...

Nederland heeft tot op heden -na en naast het verschijnen van de Grondstoffennotitie, de ad-hoc-analyses door o.a. TNO en het opzetten van de Grondstoffenscanner- geen operationeel systeem rond risicomangement rond leveringszekerheid opgezet.

... en tot consequenties voor beleid leidt dit niet.

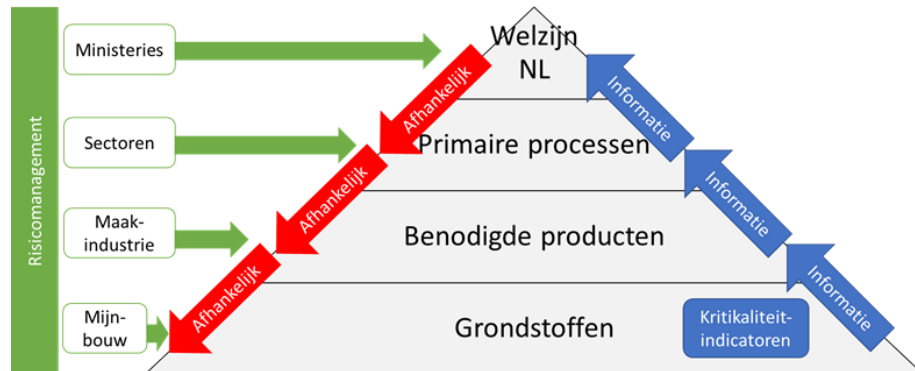
We kunnen stellen dat het genereren van data rond kritikaliteit alleen zin heeft als het gekoppeld is aan een proces rond risicomangement, hetgeen tot op heden niet het geval was. Het opzetten van een visie rond het begrip Strategische Autonomie bij het Ministerie van EZK (waarbij ook een aanpak voor risicoanalyse wordt opgezet) zou hier verandering in kunnen brengen.

De huidige gegevens en verschuivingen geven geen antwoord op de vraag of Nederland in de afgelopen jaren kwetsbaarder is geworden of niet, en welke beleidsacties (bijvoorbeeld rond CE) aangepast zouden moeten worden.

Daarvoor is een solide risicomangement nodig, gericht op het borgen van brede welvaart...

In feite ontbreekt een 'luisterend oor' als het gaat om het ontvangen, interpreteren en gebruiken van deze gegevens. Voor het daadwerkelijk en beleidsmatig operationaliseren van het begrip 'kritikaliteit' en 'leveringszekerheid' is een ontwikkeling rond het begrip 'strategische autonomie' (dat in hoofdstuk 6 wordt geschetst) uiterst relevant en met name het daarmee verbonden '*stappenplan voor overweging van beleid ter beantwoording van een bepaalde geopolitiek kwetsbare economische afhankelijkheid*'. Een dergelijke ontwikkeling maakt ook duidelijk dat

kritikaliteit aan verschillende aspecten van brede welvaart, raakt waaronder concurrentie- en verdienvermogen, broeikasgasemissies, werkgelegenheid, globalisering en responsible sourcing.



.. mede gebaseerd op dynamische(r) indicatoren die inzicht bieden op de kwetsbaarheid van de supply chain van producten...

Als het monitoren van leveringszekerheid ingebed zou zijn in overheidsbeleid zoals hierboven aangegeven, zijn er aanvullingen en verdiepingen nodig m.b.t. de indicatoren zoals die tot nu toe zijn gehanteerd. Anders dan nu het geval is zal daarbij de aandacht voor kwetsbaarheden op productniveau meer aandacht moeten krijgen omdat dit het eerste aangrijpingspunt is voor zowel analyses rond strategische autonomie als voor eventueel mitigerend CE-beleid. Dit geldt overigens ook voor een adequatere informatievoorziening voor het bedrijfsleven.

... inzichten die ondersteund kunnen worden door een doorontwikkelde en meer interactieve Grondstoffenscanner.

Inzichten in nieuwe, dynamische en bedrijfsrelevante indicatoren zouden hun weg moeten vinden naar een dynamischer Grondstoffenscanner. Die GSS zou onderdeel moeten worden van een meer continu en hoogwaardige informatievoorziening rond grondstoffen voor de Nederlandse economie. Een GSS zou niet alleen informatie moeten verschaffen, maar ook voor en met het bedrijfsleven werken en nieuwe risico's identificeren en op beleidsrelevant niveau brengen.

Om een op producten gebaseerd risicomanagement te kunnen opzetten zijn nieuwe inzichten en indicatoren nodig.

De overwegingen in dit rapport leiden in hoofdstuk 7 tot een aantal aanbevelingen voor een onderzoeksprogramma vanaf 2021:

- Draag bij aan de ontwikkeling van risicoanalyses zoals in het kader van Strategische Autonomie voorgesteld
- Leg meer focus op producten en bottlenecks in de toeleverketen in plaats van op materialen en grondstoffen
- Ontwerp van indicatoren gericht op de ontwikkeling van toekomstige vraag met name voor producten die sterk in opkomst zijn zoals technologie t.b.v. de energietransitie.
- Versterk de kennis omtrent de koppeling grondstoffen-producten
- Verbeter de focus op operationalisatie door (ook) gebruik te gaan maken van commerciële en in het algemeen dynamischer tools bij overheid en bedrijfsleven

- Versterk de Grondstoffenscanner, om zowel het bedrijfsleven en overheid beter te kunnen informeren, maar ook een intensiever contact te houden met issues die m.b.t. kwetsbaarheid bij het bedrijfsleven spelen
- Ontwikkel kansen op basis van nieuwe technologie zoals block chain en materialenpaspoort
- Ontwikkel prestatiedoelen ten behoeve van het monitoren van het CE-programma op het vlak van leveringszekerheid.

1 Introductie: kritikaliteit in het werkprogramma Circulaire Economie

In de o.l.v. PBL opgestelde Policy Brief “DOELSTELLING CIRCULAIRE ECONOMIE 2030 - Operationalisering, concretisering en reflectie”¹ wordt gereflecteerd op de doelen die in het Rijksbrede Programma Circulaire Economie werden opgesteld. Naast het benoemen van een reductie van 50% inzet van primaire grondstoffen in 2030, gaf het kabinet in het Rijksbrede Programma Circulaire Economie (RPCE) aan dat de einddoelen liggen in het verminderen van de milieudruk van grondstoffengebruik en het verbeteren van de leveringszekerheid van grondstoffen die cruciaal zijn voor de Nederlandse economie.

Tegelijk wordt in deze policy brief geconstateerd dat op dit moment nog geen operationele indicatoren beschikbaar zijn: ‘... Zo ontbreken eenduidige indicatoren voor (...)leveringszekerheidsrisico’s.’ (p.11 *Hoofdlijnen*). Het probleem is echter niet dat indicatoren ontbreken, maar dat eenduidigheid niet is te definiëren: deels afhankelijk van belang en belangstelling zijn er uiteenlopende indicatoren die informatie geven over geopolitieke, geologische en milieukundige aspecten. Een daaraan gekoppeld probleem is dat er tot op heden geen concrete doelstellingen zijn geformuleerd en ook geen beeld rondom operationalisatie bestaat (oftewel: hoe te reageren op eventuele verandering in indicatoren?).

Ondanks het ontbreken van dergelijke concrete doelstellingen, is het interessant om het verloop van kritikaliteit gedurende de afgelopen jaren te volgen. Dit rapport geeft deze update en gaat in op de eventuele achterliggende oorzaken van deze verschuivingen. Verder zal dit rapport ingaan op de uitdagingen om het begrip kritikaliteit operationeel te maken. Daarbij spelen de beschikbaarheid van data, de wijze van interpreteren ervan en wijze waarop indicatoren als functie van de tijd kunnen veranderen een grote rol, naast het feit dat het kunnen inschatten van de waarde van data m.b.t. kritikaliteit een systeem vereist dat de ermee verbonden risico’s kan inschatten en er actie op kan ondernemen.

1.1 Geschiedenis: indicatoren voor leveringszekerheid van grondstoffen

TNO heeft een uitgebreide analyse verricht van kritikaliteit van materialen en de mate waarin dat risico’s voor de Nederlandse economie kan opleveren². Op basis van eigen onderzoek en gebruikmakend van beschikbare literatuur rondom kritikaliteitsanalyses worden in dit rapport 13 indicatoren gesuggereerd, die alle verband houden met risico’s omtrent leveringszekerheid van grondstoffen³.

Risico’s met betrekking tot leveringszekerheid op bedrijfsniveau kunnen worden onderverdeeld in drie categorieën: risico voor bedrijfszekerheid (is er kans op leveringsonderbreking?), risico voor bedrijfsresultaat (is er kans op grote

¹ Maikel Kishna, Aldert Hanemaaijer (PBL), Elmer Rietveld en Ton Bastein (TNO), Roel Delahaye en Niels Schoenaker (CBS), Doelstelling circulaire economie 2030 - Operationalisering, concretisering en reflectie, 17-12-2019

² T. Bastein en E. Rietveld, TNO 2015 R11613. Materialen in de Nederlandse economie. - Een kwetsbaarheidsanalyse, 2015

³ Elk van deze indicatoren is opgenomen in de Grondstoffenscanner:
<https://www.grondstoffenscanner.nl/#/>

schommelingen in de prijs?) en risico voor bedrijfsreputatie (is er kans dat mijn grondstof uit conflictgebieden afkomstig is?). Het genoemde rapport komt vervolgens tot de volgende indicatoren voor kritikaliteit.

Tabel 1 Indicatoren voor bepaling kritikaliteit

Invloed op..	Indicator
Lange termijn Leveringszekerheid (>10j)	Geo-economisch: Reserve/Productie (R/P)
	Geo-economisch: Companionality (Mate waarin grondstof een bijproduct is)
	Geopolitiek: Concentratie van materialen (HHI) van de landen van oorsprong
Korte termijn Leveringszekerheid	Geopolitiek: Concentratie van materialen (HHI) van de landen van oorsprong
	Geopolitiek: de stabiliteit en de kwaliteit van het bestuur van bronlanden weergegeven door WGI
	Geopolitiek: Bestaande exportrestricties (OECD-gegevens)
	End-of-life recycling rate (EoL-RR)
Bedrijfsresultaat	Prijsvolatiliteit van grondstoffen/materialen (MAPII)
	Bestaande exportheffingen
Bedrijfsreputatie	Ecologische voetafdruk van grondstoffen
	Regelgeving m.b.t. toxiciteit en gezondheidsaspecten van grondstoffen
	Prestaties van bronlanden wat betreft ecologische en menselijke ontwikkeling (o.a. HDI)
	Regelgeving omtrent conflictmineralen

In het rapport uit 2015 is een samengestelde indicator voor (korte termijn) kritikaliteit, en dus voor leveringszekerheid, ontwikkeld:

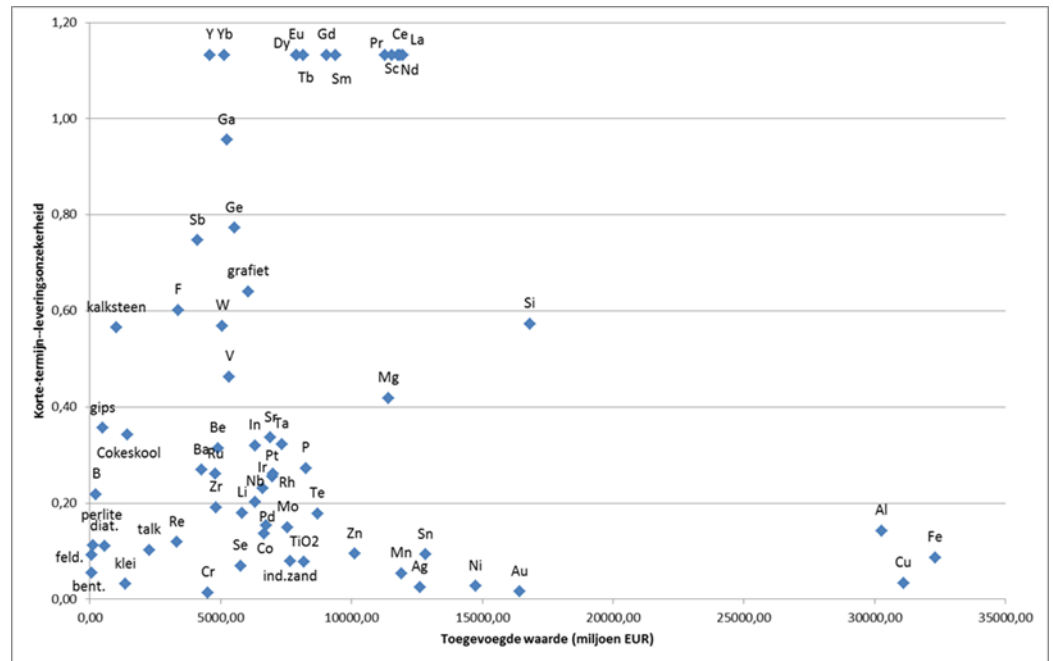
$$\text{Criticality}_{KT} = \text{HHI}_{\text{prod}} * (\text{WGI}_{\text{gewogen}} + \text{OECD-restricties}_{\text{gewogen}}) * (1 - \% \text{EOL-RR})$$

Het uitgangspunt is dat de leveringszekerheid relatief laag is als:

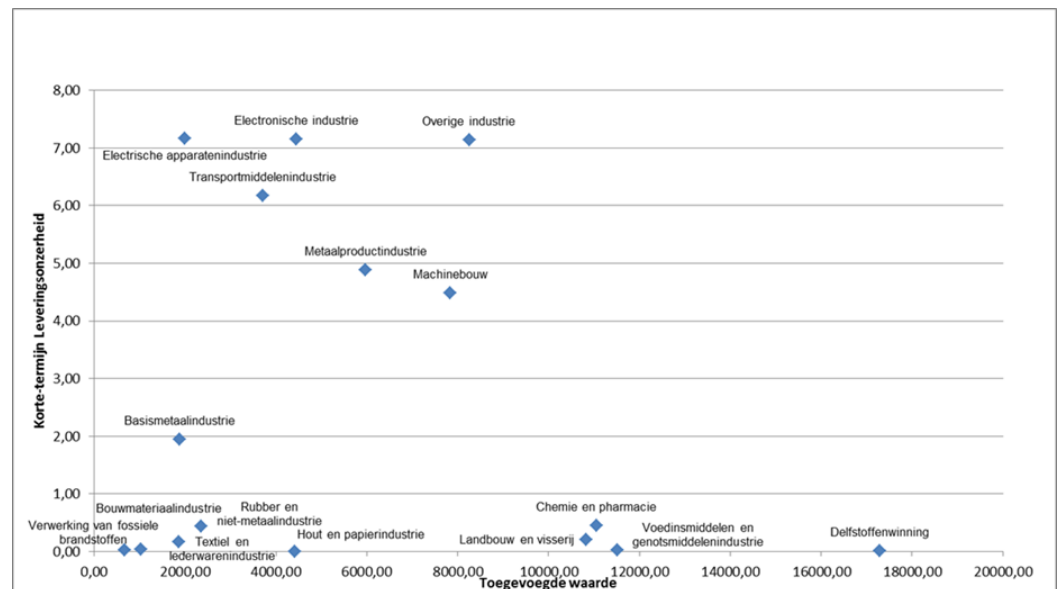
- Winning van grondstoffen in een beperkt aantal landen plaatsvindt, gekenmerkt door de concentratie-index Herfindahl-Hirschman Index (HHI).
- Die winning bovendien plaatsvindt in landen met een bedenkelijke reputatie wat betreft de kwaliteit van bestuur, gekenmerkt door een gewogen World Governance Index (WGI), waarbij de weging plaatsvindt op basis van het aandeel van een land in de wereldproductie.
- De mate waarin bronlanden bereid zijn handelsbeperkingen te hanteren (op basis van door de OECD gerapporteerde exportrestricties), gekenmerkt door het gewogen aandeel grondstoffen dat potentieel door handelsrestricties getroffen zou kunnen worden.
- De mate van recycling achterblijft (EO-RR = end-of-life recycling rate).

Vervolgens is in het genoemde rapport een methode ontwikkeld waarmee de uitspraken omtrent kritikaliteit per materiaal vertaald kunnen worden naar producten, productgroepen en uiteindelijk naar sectoren. Hierbij wordt gebruik

gemaakt van een zogenaamde koppelmatrix, die op zijn beurt weer is gebaseerd op de Materiaalmonitor die door CBS wordt samengesteld. Daarmee ontstaat een beeld welke sectoren het meest gevoelig zouden kunnen zijn voor de problemen die met kritikaliteit samenhangen. Onderstaande figuren geven de situatie weer zoals die in 2015 is gerapporteerd op basis van grondstofgegevens uit 2012.



Figuur 1 Economisch belang en korte-termijn-leveringszekerheid van grondstoffen voor Nederland



Figuur 2 Impact van korte-termijn-leveringszekerheid voor sectoren

In hoofdstuk 2 van dit rapport zullen we ingaan op de veranderingen die zijn opgetreden tussen 2012 en 2018 m.b.t. die indicatoren die gebruikt zijn om deze korte-termijn-kritikaliteit uit te drukken. In hoofdstuk 3 zullen we vervolgens een kritische reflectie geven op de eigenschappen van deze indicatoren en in hoeverre

ze daarom meer of minder geschikt zouden zijn voor het monitoren van kritikaliteit en de gevolgen van beleid op dat vlak.

1.2 Focus op producten in plaats van op grondstoffen: case study van vier materialen in drie producten

In kritikaliteitsstudies gaat veel aandacht uit naar de situatie omtrent de grondstoffen zelf, terwijl de eventuele ‘pijn’ voor een economie grotendeels wordt gevoeld op het niveau van producten. Zeker voor een land als Nederland waar de mate van directe grondstoffenimport gering is, maar de economie afhankelijk is van de import van (first) intermediates, complete sub-assemblies of finale producten. Om het verband tussen indicatoren voor kritikaliteit en het productniveau te illustreren, zullen we als rode draad in dit rapport drie productgroepen volgen die alle drie noodzakelijk zijn in de transitie naar een duurzaam energiesysteem en daarom ook een groeiend beslag op grondstoffen zullen gaan leggen in de komende jaren:

- een batterij van een elektrische personenauto
- een offshore windturbine
- een electrolyser voor de productie van (groene) waterstof

Daarnaast zijn we geïnteresseerd in het ontwikkelen van indicatoren en analyses van kritikaliteit die gericht zijn op toekomstige behoefte. Daarvoor gebruiken we voor deze ‘rode draad’ aannames over de groei van applicatie van deze producten tot 2030.

Om de analyse voor nu overzichtelijk te houden zullen we niet de complete ‘bill of materials’ voor deze technologieën tegen het licht houden, maar inzoomen op het gebruik door deze technologieën van koper, platina, nikkel en kobalt. Verder zullen we ook een keuze maken voor één uitvoeringsvorm van elk product.

We gaan in drie stappen na wat de implicaties zijn van materiaalkritikaliteit voor deze producten:

- Stap 1 van product naar grondstof: In deze paragraaf gaan we in op de Nederlandse materiaalbehoefte gerelateerd aan de drie genoemde producten.
- Stap 2 grondstof kritikaliteit: Vervolgens zullen in hoofdstuk 2 en 3 de in die hoofdstukken behandelde kritikaliteitsindicatoren worden toegepast op de vier gekozen materialen.
- Stap 3 van kritieke grondstof terug naar product leveringszekerheid: In hoofdstuk 4 wordt de informatie per indicator samengebracht en wordt ingegaan op de product-specifieke consequenties van de grondstofkritikaliteit. In hoofdstuk 5 wordt tenslotte een reflectie gegeven op de relevantie van de geselecteerde indicatoren voor de drie gekozen producten en de doorvertaling naar operationele leveringszekerheids-risicomitigatie strategieën.

1.2.1 Case study stap 1 - Van product naar grondstof

Om tot een inschatting van **de jaarlijkse Nederlandse materiaalbehoefte [t/j]** te komen voor een productgroep zijn drie factoren van belang: Ten eerste is inzicht in de verwachte jaarlijkse toename aan **geïnstalleerde aantallen [#/j]** van een technologisch product nodig. Ten tweede is een aanname van de **individuele capaciteit [kWh, MW]** van een product nodig. En ten derde is informatie over de **hoeveelheid materiaal per enkele eenheid capaciteit [t/kWh, t/MW]** noodzakelijk. Een vermenigvuldiging van deze drie factoren geeft een (statische) inschatting van de jaarlijkse materiaalbehoefte. In dit rapport worden de

consequenties van marktaandeelen van verschillende types technologie, learning curves en dergelijke buiten beschouwing gelaten. Onderstaande formule geeft de berekening weer:

$$\text{Materiaal [t/j]} = \sum \left(\text{aantal [\#/j]} * \text{capaciteit [kWh, MW]} * \text{materiaal} \left[\frac{\text{t}}{\text{kWh}}, \frac{\text{t}}{\text{MW}} \right] \right)$$

EV batterij (100 kWh NCA battery module)

Tussen 2020 en 2030 wordt verwacht dat het aantal EVs in Nederland toeneemt van 120.000 tot 2.150.000⁴: een toename van 200.000 per jaar. In een EV zit een grote batterijmodule. Wij nemen voor deze casus een Nikkel Kobalt Aluminium Oxide (NCA) batterij⁵ aan met een opslagcapaciteit van 100 kWh. Per kWh wordt 0,53 kg koper (11% van de batterij), 0,15 kg nikkel (3.2%) en 0,05 kg kobalt (1.1%) aangenomen. Dit leidt tot een jaarlijkse materiaalbehoefte van 10700 ton koper, 3100 ton nikkel en 1100 ton kobalt tussen 2020 en 2030⁶.

Windturbine (10MW offshore windturbine)

Tussen 2020 en 2030 wordt verwacht dat het aantal offshore windturbines toeneemt van 460 tot rond de 1300⁷. Wij nemen een 10 MW offshore windturbine aan. Per MW wordt 1646 kg koper (0.6% van turbine) en 1520 kg nikkel (0.1%) aangenomen. Dit leidt tot een jaarlijkse materiaalbehoefte van 1400 ton koper en 130 ton nikkel tussen 2020 en 2030.

PEM electrolyser (1 MW PEM stack)

Tussen 2020 en 2030 wordt verwacht dat het aantal electrolyser stacks toeneemt van 5 tot 3500. Wij nemen een Polymer Electrolyte Membrane (PEM) electrolyser stack aan met een waterstofproductiecapaciteit van 1 MW. Per MW wordt 4.5 kg koper (0.7% van de stack) en 0,08 kg platina (0.01%) aangenomen⁸. Dit leidt tot een jaarlijkse materiaalbehoefte van 2 ton koper en 0,03 ton platina tussen 2020 en 2030.

	Koper	Nikkel	Kobalt	Platina
EV NCA batterijen:	In cell en pack componenten	In de kathode	In de kathode	
Nodig per jaar tot 2030	10700 ton	3100 ton	1100 ton	
10 MW offshore windturbines:	Generator, interne kabels, inverters	In roestvrij- en legeringenstaal		
Nodig per jaar tot 2030	1400 ton	130 ton		
PEM stacks:	In elektrolyt en in coating			Als katalysator toegevoegd in verschillende onderdelen

⁴ Ecofys en TU Eindhoven (2016) Toekomstverkenning Elektrisch Vervoer

⁵ In Europa groeit het aandeel NCA batterijen gestaag naar een marktaandeel van 20% in 2019. Zie: ICCT (2021) Driving a green future.

⁶ Zie ook: www.nature.com/articles/s43246-020-00095-x#Sec16 Xu, C., Dai, Q., Gaines, L. et al. Future material demand for automotive lithium-based batteries. Commun Mater 1, 99 (2020).

⁷ Afhankelijk van de rated capacity van de individuele turbines

⁸ Gavrilova, Wieclawska (2021), Green hydrogen economy in the EU: the critical materials perspective, TNO

Nodig per jaar tot 2030	2 ton			0,03 ton
Totaal nodig per jaar tot 2030	12102 ton	3230 ton	1100 ton	0,03 ton

Tabel 2 Inschatting van toepassing van vier materialen in drie productgroepen

2 Ontwikkelingen tussen 2012 en 2018

2.1 Algemeen

In hoofdstuk 1 werd aangegeven dat in eerdere rapportages gekozen is om de korte termijn-kritikaliteit weer te geven als:

$$\text{Criticality}_{KT} = \text{HHI}_{\text{prod}} * (\text{WGI}_{\text{gewogen}} + \text{OECD-restricties}_{\text{gewogen}}) * (1 - \% \text{EOL-RR})$$

Om een beeld te kunnen geven van eventueel verschuivingen in deze korte-termijn-kritikaliteit tussen 2012 (het basisjaar van eerdere rapportage m.b.t. kritikaliteit⁹) en 2018 zal elk van de onderliggende indicatoren apart bekeken moeten worden. Dit betreft dan: het verloop van productieconcentratie, het verloop van de kwaliteit van bestuur van bronlanden, de mate waarin exportrestricties worden gehanteerd en de mate van toepassing van gerecycled materiaal. In de komende paragrafen wordt ingegaan op elk van deze onderliggende indicatoren en zal ingegaan worden op de achtergrond van eventueel geconstateerde verschuivingen. Vervolgens zal het resulterende beeld van de verschuiving in korte-termijn-kritikaliteit per grondstof tussen 2012 en 2018 worden geschetst.

2.2 Concentratie van mijnbouw in bronlanden

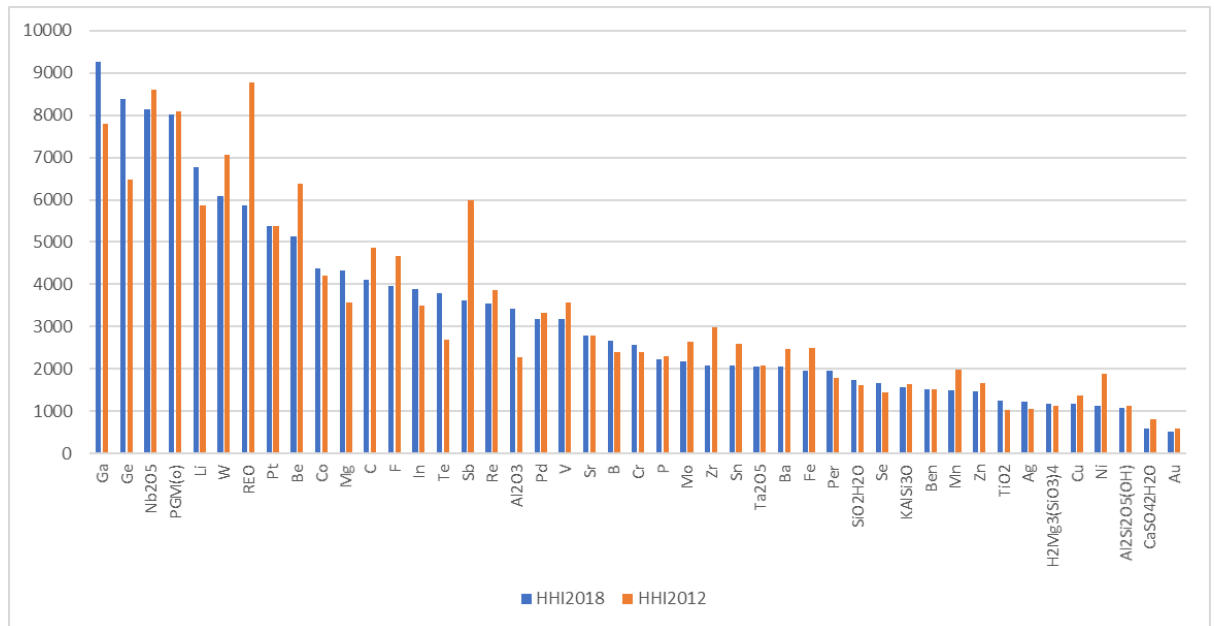
Een hoge concentratie van productie wordt in vrijwel alle literatuur omtrent kritikaliteit meegenomen als indicator voor kritikaliteit. De concentratie wordt in al deze gevallen meegenomen in de vorm van de HHI,

De mate van monopolievorming wordt in de meeste studies uitgedrukt in de zogenaamde **Herfindahl-Hirschman Index (HHI)**, die 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 Commission¹⁰) gezien als hoog-geconcentreerd.

De HHI voor de hier onderzochte grondstoffen wordt in Figuur 3 gegeven voor de situatie in 2012 en 2018.

⁹ Materialen in de Nederlandse Economie, TNO, EY, HCSS, NEVI, CML, 2015

¹⁰ www.justice.gov/atr/public/guidelines/hmg-2010.pdf.



Figuur 3 HHI in 2012 en 2018

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

Tabel 3 Grootste veranderingen in HHI tussen 2012 en 2018

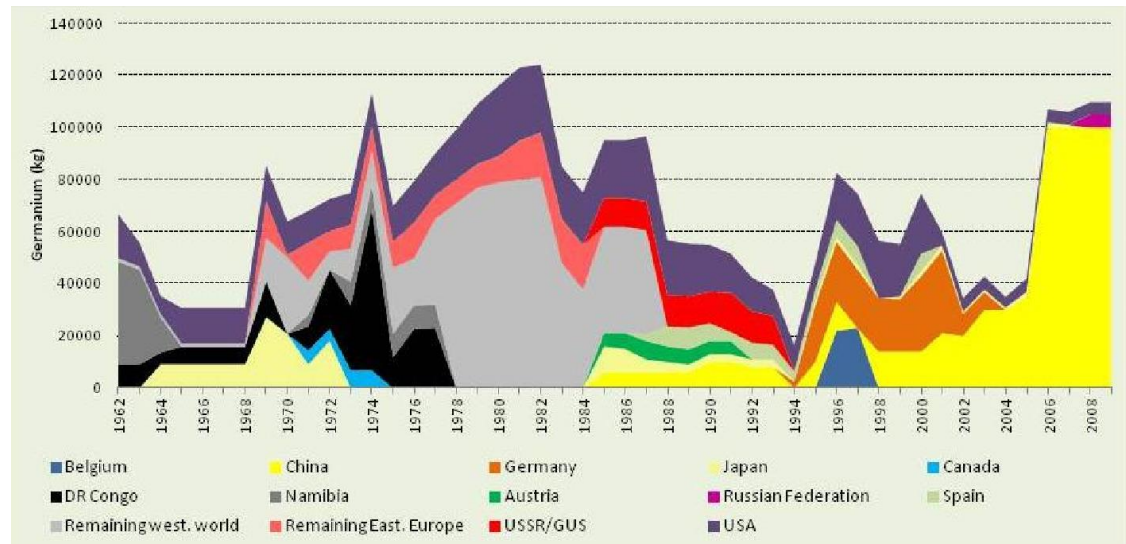
Grootste stijging van HHI tussen 2012 en 2018	Grootste daling van HHI tussen 2012 en 2018
Germanium (+1.900)	Grafiet
Gallium (+1.475)	Nikkel
Alumina (+1.130)	Zirkoon
Tellurium (refined) (+1.100)	Wolfraam (-970)
Lithium minerals	Beryllium (-1233)
Magnesiet	Antimoon (-2.390)
Indium	Zeldzame Aardoxides (-2.900)

Gallium en germanium hadden beide al in 2012 een zeer hoge landenconcentratie. Ogenschijnlijk is dat in de afgelopen jaren alleen maar toegenomen. Beide materialen worden als voorbeeld besproken, evenals de materialen telluur, zeldzamen aardoxiden, antimoon en beryllium.

Germanium (Ge), een materiaal hoofdzakelijk ingezet voor fiberoptiek, electronica en polymerisatie-katalysatoren lijkt een enorme sprong in HHI gemaakt te hebben, volgens de data die de BGS levert. De USGS data leveren een ander en stabiel beeld op. De situatie tussen 2012 en 2018 is in hoofdzaak verslechterd door de vermindering van de productie in Finland, waardoor China een toenemend groot monopolie heeft. Dat de bronlandconcentratie zo fluctueert is in dit geval van alle tijden (zie Figuur 4). Het toont ook aan dat de productie-informatie van met name companion-materialen¹¹ niet ideaal is: germanium wordt gewonnen als bijproduct van bepaalde koper- en zinkertsen. Als gevolg daarvan kan het raffinage-proces

¹¹ Companion-materialen zijn materialen die worden gewonnen als bijproduct van andere etsen. Zie hiervoor het The wheel of metal companionsity: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4640630/figure/F2/

stopgezet worden of juist opschalen, zonder dat het gaat om een mijnopening of -sluiting. Zoals het luidt in de Critical Raw Material Fact Sheets (gepubliceerd door de EC in 2020) (p.238): “A higher price may result in increased interest shown by zinc refineries. According to experts, today’s supply situation, which largely depends on China, is not a resource depletion issue, but the result of commercial terms”. De grote stijging van HHI kan in dit geval worden veroorzaakt door enerzijds onbetrouwbare data en anderzijds het volatiele karakter van germanium-winning.



Figuur 4 Productie van germanium op basis van data: USGS, BGR, BGS

Dezelfde bron meldt ook in het geval van **gallium (Ga)** (p.222): “In general, data on the global trade of gallium are difficult to obtain as they are often incomplete and partially contradictorily”. Ook hier speelt weer dat gallium in uiterst kleine hoeveelheden geproduceerd en gebruikt wordt en dat het slechts gewonnen wordt als bijproduct bij bauxietwinning. In dit geval is de monopoliepositie van China duidelijk versterkt door een enorme productietoename van 270 ton/j in 2012 naar meer dan 400 ton/j in 2018.

Voor **telluur (Te)** geldt precies hetzelfde: de sterke HHI-toename is geheel te danken aan een verdrievoudiging van de Chinese productie terwijl de rest van de wereld op hetzelfde niveau is blijven produceren. Ook hier geldt weer dat Telluur een bijproduct is van koperwinning en dat productie relatief snel kan worden opgeschaald a.g.v. het opstarten van raffinagecapaciteit.

De sterkste verbetering (verlaging) van HHI heeft tussen 2012 en 2018 plaatsgevonden voor **zeldzame aardoxiden (REO)**. Overigens is deze HHI nog steeds erg hoog met een waarde van tegen de 6000. De gegevens gepubliceerd door de BGS geven aan dat vanaf 2012 ook productie van REO 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 Mine 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 REO-applicaties.

Een andere opvallende daling van HHI vond tussen 2012 en 2018 plaats voor het metaal **antimoon (Sb)**, dat voornamelijk wordt gebruikt als vlamvertrager in kunststoffen en daarnaast in accu's en batterijen. Deze verschuivingen is des te opmerkelijker omdat dit de enige verschuiving is die ogenschijnlijk dit materiaal in de richting van niet-kritieke monopolievorming duwt (HHI daalt van 6000 naar 3600). De verschuiving wordt veroorzaakt door enerzijds een daling van de productie in China en anderzijds door het opkomen van Rusland en Tajikistan als productielanden (met voor allebei een groei van ongeveer 4% van de wereldproductie naar 18%)¹². De teruggang in Chinese productie is te herleiden naar de sluiting van enkele mijnbouwsites in verband met de milieuschade veroorzaakt door deze mijnen¹³ (NB: dit is een voorbeeld van een uitvloeisel uit nationaal beleid dat relevant is voor eindgebruikers van antimoon, alleen al omdat dergelijke maatregelen prijschommelingen met zich kunnen meebrengen). De groei in de mijnbouwcapaciteit in Tajikistan is terug te voeren op buitenlandse investeringen door o.a. Chinese partijen vanaf 2015/2016.

In het geval van **beryllium (Be)** is de HHI verandering veroorzaakt door een minder dominante rol van de Verenigde Staten (marktaandeel van 78 naar 68%) die vooral veroorzaakt wordt door een achteruitgang in de productie in de VS (van 5600 naar 3700 ton) terwijl die in andere landen min of meer gelijk bleef in deze periode. Terwijl de markt voor applicaties sterk fluctueert is niet direct een oorzaak aan te wijzen voor de afname van productie in de VS.

Concluderend kunnen we stellen dat er, over de bekeken periode, enkele fluctuaties plaatsvinden m.b.t. de 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 daarvoor verklaringen voor de hand liggen. Met name op het gebied van de materialen met een kleine productievolumes of materialen die hoofdzakelijk of uitsluitend als companion worden gewonnen zijn de data onbetrouwbaar.

¹² Volgens de gegevens gepubliceerd door de BGS; de USGA database laat een groei in Rusland niet zien.

¹³ <https://www.usgs.gov/centers/nmic/antimony-statistics-and-information>

2.2.1 Case study stap 2 - HHI-ontwikkeling voor koper, nikkel, kobalt en platina

De HHI beschrijft de concentratie van materialen per land van oorsprong. We zullen hieronder ingaan op de HHI-verschuivingen voor onze vier case-study-materialen.

Ter introductie geeft het volgende diagram inzicht in de voornaamste productie-landen en reserve-voorraden voor de materialen uit de case-studies.

Geo-economisch: Reserve/Productie (R/P) in 2019

KOBALT

Productie per jaar (in ton):

1. Congo (Kinshasa): 104k/148k
2. Russia: 6100/148k
3. Australia: 4880/148k

Natuurlijke reserves (in kg):

1. Congo (Kinshasa): 3.6M/7M
2. Australia: 1.2M/7M
3. Cuba: 0.5M/7M

PLATINA

Productie per jaar (in ton):

1. South Africa 130k/180k
2. Russia 22k/180k
3. Zimbabwe 15k/180k

Natuurlijke reserves (in kg):

1. South Africa 63M/69M
2. Russia 3.9M/69M
3. Zimbabwe 1.2M/69M

KOPER

Productie per jaar (in ton):

1. Chile 5.6M/20M
2. Peru 2.4M/20M
3. China 1.6M/20M

Natuurlijke reserves (in ton):

1. Chile 200M/870M
2. Peru 87M/870M
3. Australia 87M/870M

NIKKEL

Productie per jaar (in ton):

1. Indonesia 800k/2.7M
2. Philippines 420k/2.7M
3. Russia 270k/2.7M

Natuurlijke reserves (in ton):

1. Indonesia 21M/89M
2. Australia 20M/89M
3. Brazil 11M/89M

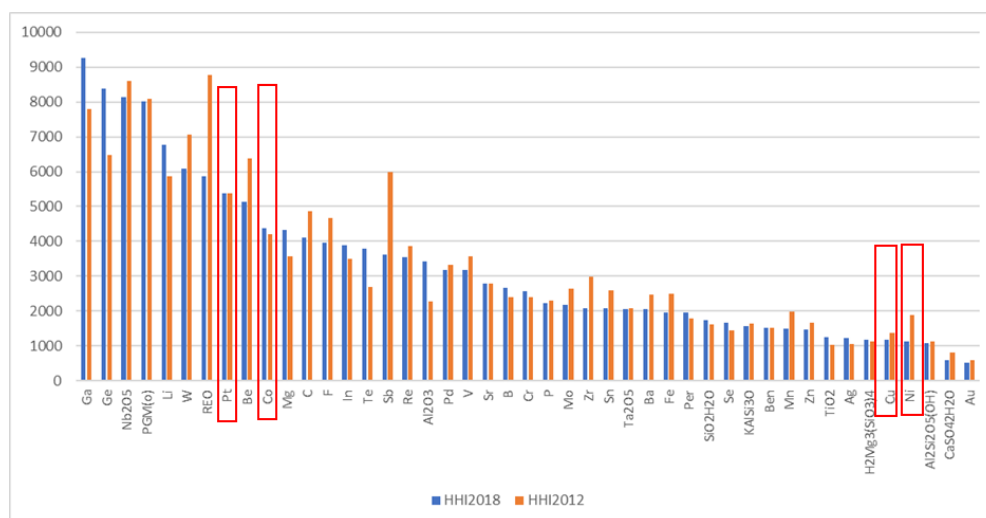
Geopolitiek: Concentratie van materialen (HHI) van de landen van oorsprong

KOBALT
Licht gestegen (+200) van 4200 naar 4400.

PLATINA
Constant net onder de 5400 gebleven.

KOPER
Licht gedaald (-200) van 1400 naar 1200.

NIKKEL
Flink gedaald (-800) van 1900 naar 1100.



2.3 Ontwikkeling van de World Governance Index en gevolgen voor 'kritikaliteit'

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.

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

Tabel 4 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

Belangrijker voor deze analyse is in hoeverre op basis van de WorldBank-gegevens landen met een rol in grondstofproductie een verandering van hun WGI-score laten

zien. In de volgende tabel worden de 5 hoogste dalers en stijgers gegeven. Op een schaal tussen 0 en 1 zijn de grootste verschillen ongeveer 0,12.

Tabel 5 Grootste dalers en stijgers van WGI

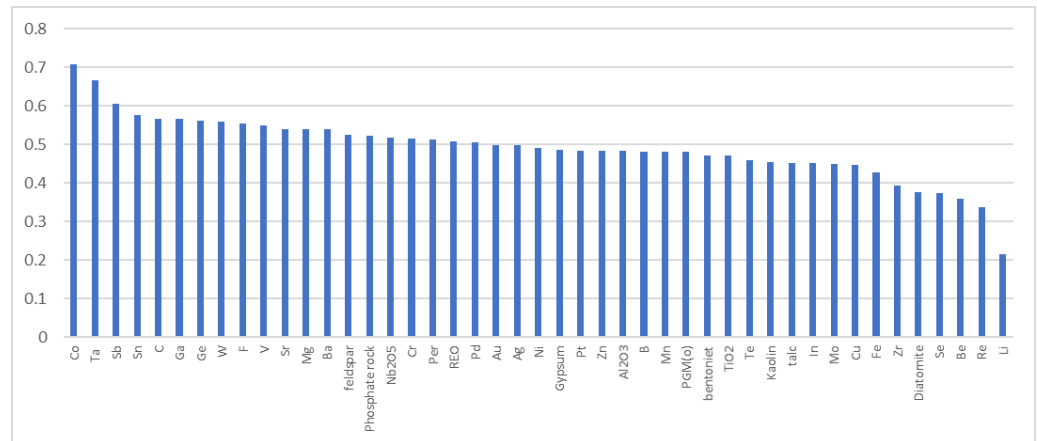
5 grootste verbeteringen¹⁴ van WGI-scores tussen 2012 en 2018 (voor grondstoflanden)	Belangrijkste grondstoffen in deze landen (% wereldproductie)
Myanmar (van 0,76 naar 0,68)	Antimoon (3-1%), tin (2-19%), zeldzame aarden (0-3%)
Ivoorkust (van 0,66 naar 0,60)	Mangaan (0-1%), goud (<1%)
Uzbekistan (van 0,75 naar 0,69)	Goud (3%), selenium, wolfrum, koper (<1%)
Cuba (van 0,65 naar 0,59)	Kobalt (3%), nikkel (2-3%)
India (van 0,57 naar 0,52)	Barytes (18-22%), talk (13-20%), grafiet (11-4%), chroom (10%), zink (6%), mangaan (5%)

5 grootste verslechtingen van WGI-scores tussen 2012 en 2018 (voor grondstoflanden)	Belangrijkste grondstoffen in deze landen (% wereldproductie)
Syrië (van 0,84 naar 0,89)	Fosfaat, gips (<0,1%)
Mexico (van 0,5 naar 0,55)	Fluorspar (15-20%), zilver (21-26%), strontium (10-13%), zink (5%), molybdeen (5-7%)
Turkije (van 0,52 naar 0,59)	Boraat (37-44%), feldspar (33%), perlite (22-31%), magnesiet (9-6%), chroom (12-20%)
Mozambique (van 0,57 naar 0,66)	Beryllium (7%), zirkoon (3-6%), titaanoxide (7%), tantaal (3%)
Jemen (van 0,78 naar 0,89)	Gips (<1%)

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 genoemde materialen. 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.

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 5 de gewogen WGI per materiaal gegeven voor een grote hoeveelheid grondstoffen.

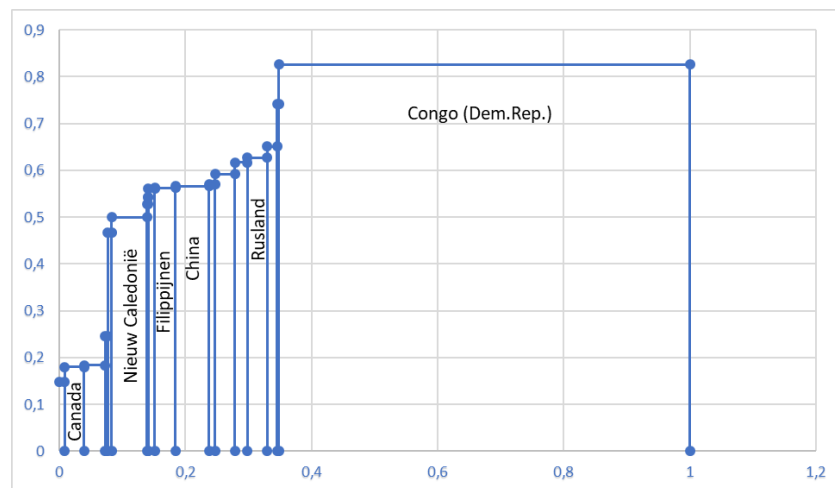
¹⁴ De door de Wereldbank gerapporteerde WGI-score varieert van -2,5 (slechtste score) tot +2,5 (beste score). Voor de analyses in dit rapport (en vorige) hebben we gekozen voor een omwerking zodat de score nu uiteenlopen van 0 (voor BESTE scores) tot +1 (voor slechtste scores). Een toename van WGI betekent hier dus een achteruitgang van de bestuurlijke situatie.



Figuur 5 Gewogen WGI-score op basis van WGI-gegevens van bronlanden voor 2018

Uit deze figuur is af te leiden dat **kobalt (Co)** het materiaal is dat afkomstig is uit landen met de gemiddeld meest ongunstige WGI-score (zoals Congo), en **lithium (Li)** het materiaal dat afkomstig is 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 in een diagram (zie Figuur 6) waar de wereldproductie van kobalt wordt afgezet tegen de WGI-scores van de bronlanden.

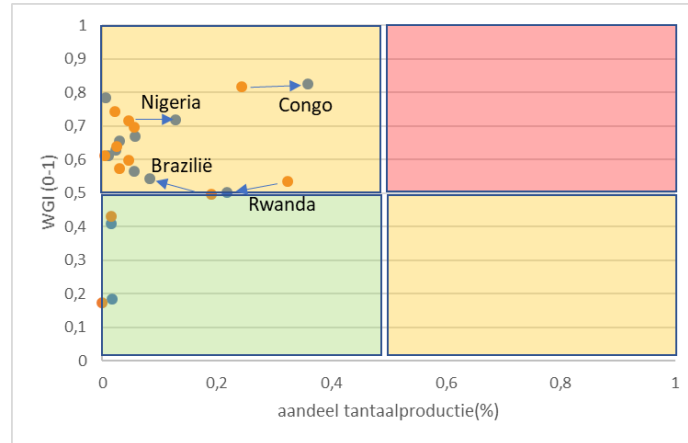


Figuur 6 Verdeling kobaltproductie; lande gepresenteerd in volgorde van slechtere WGI-score

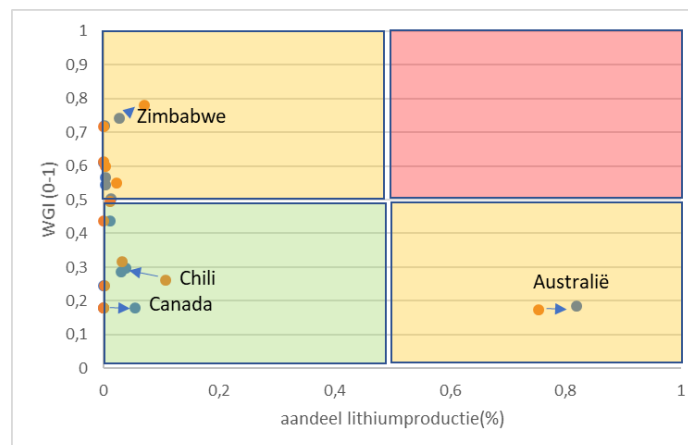
Hieruit komt duidelijk naar voren dat het enorme aandeel van Congo in de productie van kobalt (de x-as) en de ongunstige WGI-score van dat land (de y-as; een hogere score betekent een ongunstiger WGI) een gemiddeld ongunstige WGI voor kobalt oplevert.

Een andere representatie van de relatie tussen WGI en productieaandeel is gegevens in Figuur 7, waarin de winning van **tantaal (Ta)** is uitgezet tegen de WGI-scores van de bronlanden. Hierbij is een suggestie gedaan voor gunstige groene

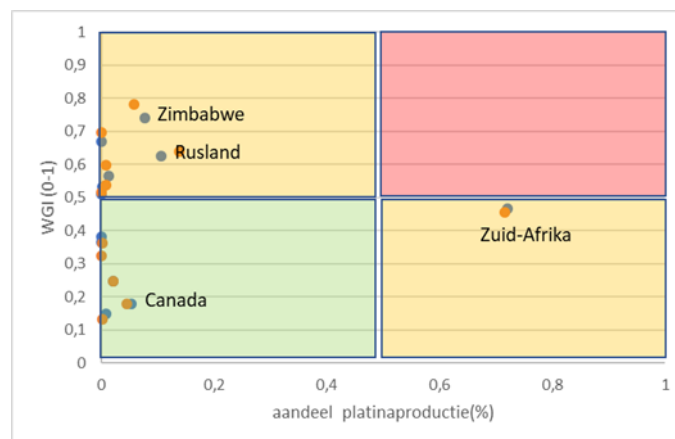
'gebieden' ($WGI < 0,5$ en winning $< 50\%$) en minder gunstige 'gebieden'. Als contrast laten we deze representatie ook zien voor een materiaal met een lage (=gunstige) WGI-score (lithium; Figuur 8) en één met een gemiddelde WGI-score (platina; Figuur 9).



Figuur 7 Aandeel in wereldproductie versus WGI voor tantaal (oranje: 2012; grijs: 2018)

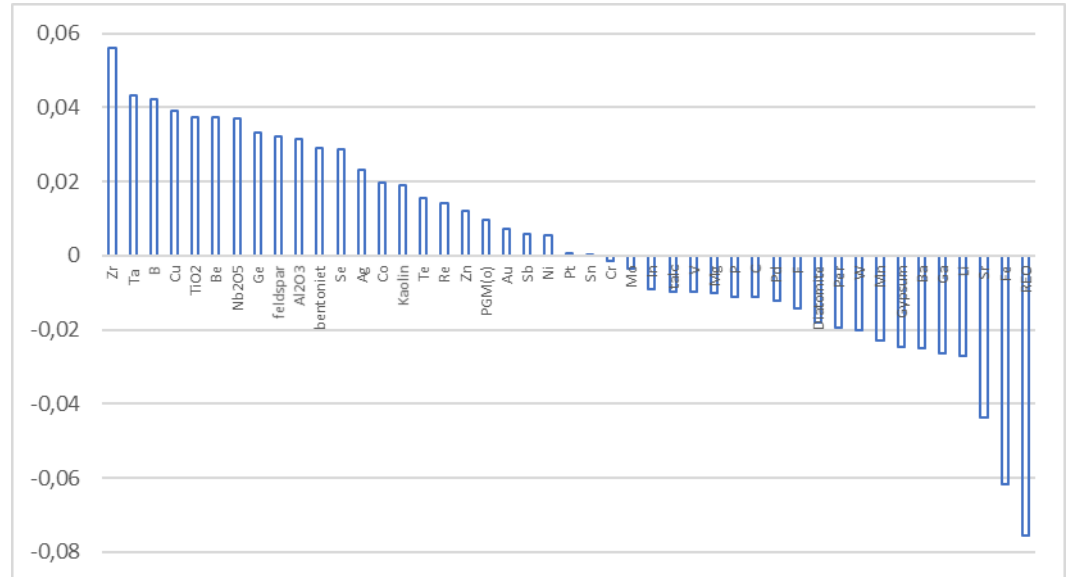


Figuur 8 Aandeel in wereldproductie versus WGI voor lithium (oranje: 2012; grijs: 2018)



Figuur 9 Aandeel in wereldproductie versus WGI voor platina (oranje: 2012; grijs: 2018)

In Figuur 10 wordt weergegeven hoe, deels a.g.v. veranderingen in WGI-score en deels a.g.v. veranderingen in productievolumina in bronlanden de gewogen WGI-score ten gunste (negatieve waarden) dan wel ten negatieve (positieve waarden) is veranderd.



Figuur 10 Veranderingen van gewogen WGI-score tussen 2012 en 2018

Voor **zirkoon (ZrSiO₄)** en **tantaal (Ta)** is de gewogen WGI-score verslechterd. Dit kan veroorzaakt worden door een combinatie van verschuivende landenconcentraties en WGI-scores van die landen. In het geval van zirkoon is het aandeel in de totale winning van Australië sterk afgenomen (van 47 naar 32% van de wereldproductie) terwijl landen als Senegal, Zuid-Afrika, Kenya, Sri Lanka en Mozambique, alle met een aanzienlijk ongunstiger WGI-score dan Australië zijn opgekomen met aandelen tussen de 2 en 5% van de wereldwijde winning. In het geval van tantaal is het aandeel in globale winning in Brazilië en Rwanda met elk 10% afgenomen en in Nigeria en (de Democratische Republiek) Congo met ongeveer gelijke aandelen toegenomen. Nigeria en Congo hebben beide een aanzienlijk ongunstiger WGI-score dan Brazilië en Rwanda, hetgeen dus resulteert in een ongunstiger gewogen WGI-score voor tantaal.

Voor grondstoffen als **gallium, lithium, strontium, ijzererts** en **zeldzame aarden** is de gewogen WGI-score juist verbeterd, alweer door een combinatie van productieverhuiving 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. Die analyses worden dynamische en relevanter als 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.

2.3.1 Case study stap 2 - WGI-ontwikkeling voor koper, nikkel, kobalt en platina

Geopolitiek: de stabiliteit en de kwaliteit van het bestuur van bronlanden weergegeven door gewogen WGI (2018)

KOBALT

Kobalt is afkomstig uit landen met gemiddeld de meest ongunstige WGI-score van meer dan 0,7 (zoals Congo). Tussen 2012 en 2018 is deze waarde 0,02 (+3%) negatiever geworden.

Congo, waar een hoog percentage van de wereldwijde kobalt gewonnen wordt, is licht gestegen naar 0.72 en draagt daarmee sterk bij aan de hoge waarde van 0.7.

PLATINA

Platina komt uit landen met gemiddeld een WGI-score van 0,48. De waarde is tussen 2012 en 2018 nagenoeg constant gebleven (+0%).

Het grootste aandeel platinaproductie komt uit Zuid-Afrika, wat een licht gestegen WGI-score heeft van 0.47. Andere substatie bronlanden met beïnvloedende WGI-scores zijn Zimbabwe (15%, 0,74) en Rusland (10%, WGI 0,63). Canada is als laag WGI-scorend land (0,18) het enige land met een significante winningscapaciteit (~10%).

KOPER

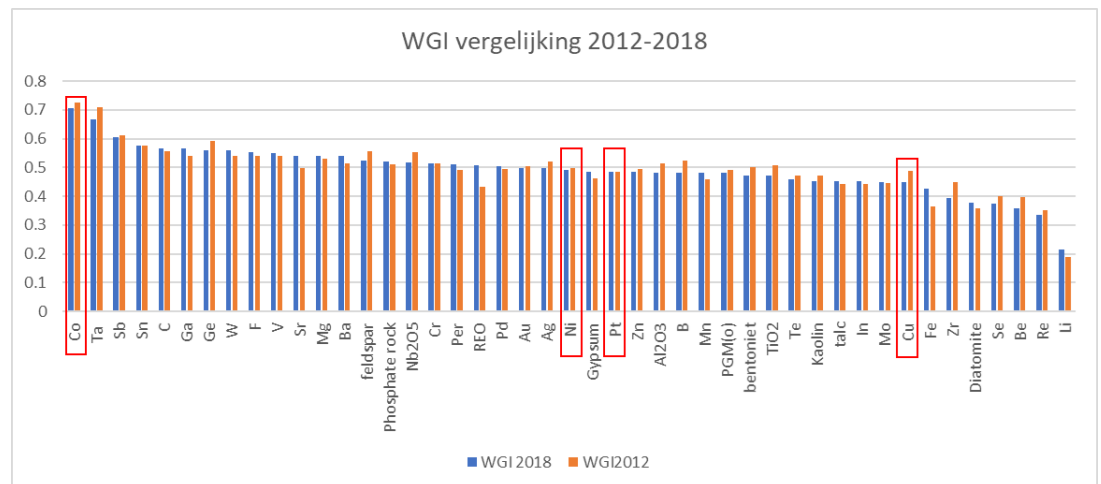
Koper komt uit landen met gemiddeld een WGI-score van 0,44. Koper heeft een flinke negatieve ontwikkeling van +0,04 (+8%) doorgemaakt van 2012 tot 2018, wat de koper op de 4e plek brengt qua negatieve ontwikkeling van alle metalen.

De drie landen met de grootste productieaandelen zijn allen niet veel gestegen of gedaald: Chili (0,3, +0,04), Peru (0,53, +0,02) en China (0,57, -0,03).

NIKKEL

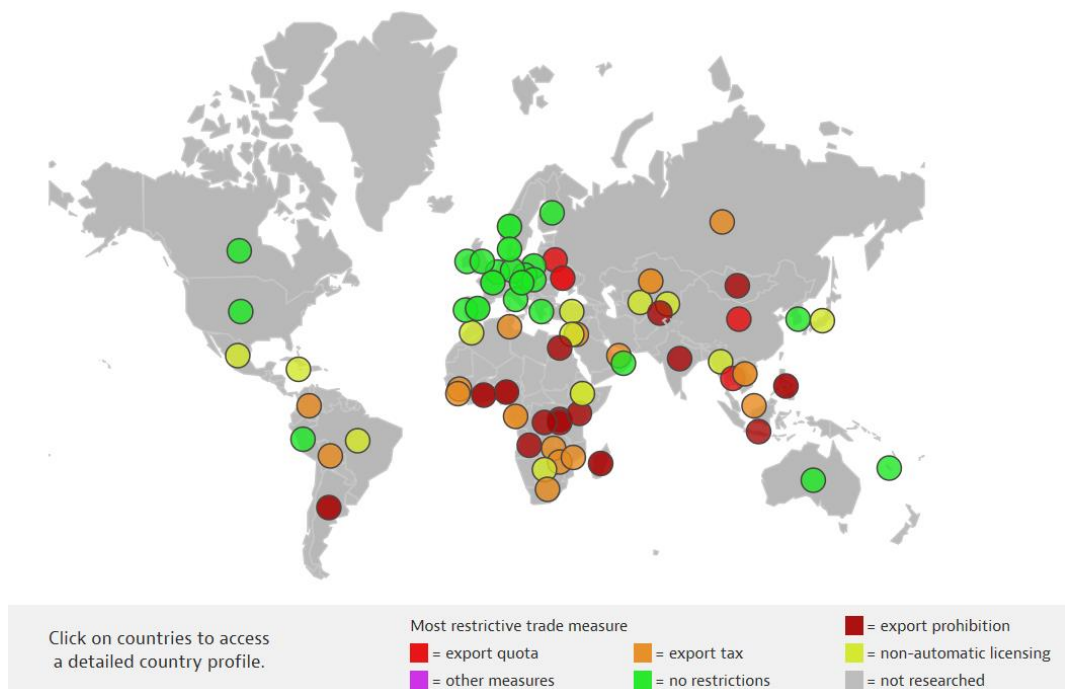
Nikkel komt uit landen met gemiddeld een WGI-score van 0,49. Deze waarde is tussen 2012 en 2018 minder dan 0,01 (+1%) negatiever geworden.

De top drie winningslanden met de grootste productieaandelen zijn allen niet veel gestegen of gedaald: Indonesië (0,53, -0,03), Philipines (0,56, +0,01) en Rusland (0,63, -0,01). Australië is met een gunstige WGI-score van 0,18 en productieaandeel van 7% een stabiele leverancier gezien het grote aanwezige natuurlijke reserve (21Mt, 24% wereldwijd).



2.4 Exportrestricties

De OECD houdt een database bij waarin per land en per grondstof (de aard van de eventueel gehanteerde exportrestricties wordt bijgehouden¹⁵. 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.



Figuur 11 Overzicht van handelsrestricties (bron:OECD)

¹⁵ Zie: <http://www.oecd.org/tad/benefitlib/export-restrictions-raw-materials.htm>

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 export¹⁶, naar exportheffingen, exportquota of zelfs exportverboden.

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 11 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

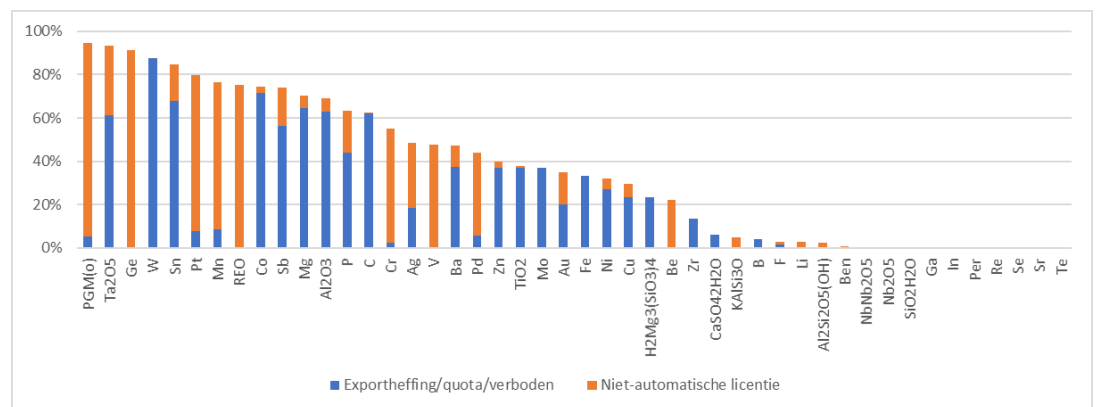
Land	Aantal restricties	Restricties
China	28	Exportheffingen: Al ₂ O ₃ , Sb, barytes, Cr, Co, Cu, Au, Fe, magnesite, Mo, Ni, grafiet, Nb, talk, Sn, W, Zn, Zr, TiO ₂ Exportquotum: Ag, P ₂ O ₅ Niet-automatische licentie: Be, Ge, Mn, zeldzame aarden, V, Ta
Marokko	10	Niet-automatische licentie: bentoniet, barytes, Be, Co, fluorspar, Au, Mn, P ₂ O ₅ , Ag, Sr
Indonesië	9	Exportverbod: Al ₂ O ₃ , Co, Cu, Au, Ni, Ag, Sn, Zr Niet-automatische licentie: Ge
Zuid-Afrika	9	Niet-automatische licentie: Sb, Cr, Ge, Au, Mn, Pd, Pt, andere PGMs, Nb
Vietnam	8	Exportheffingen: barytes, kaoline, Mn, P ₂ O ₅ , Sn, W, Zr, TiO ₂
Zimbabwe	8	Niet-automatische licentie: Li, Mn, grafiet Exportheffingen: Cr, Au, Pd, Pt, andere PGMs

¹⁶ Van de website van de WTO: Automatic import licensing (licensing maintained to collect statistical and other factual information on imports) is defined as import licensing where the approval of the application is granted in all cases (Article 2.1). Non-automatic import licensing is defined as licensing not falling within the definition of automatic import licensing (Article 3.1).

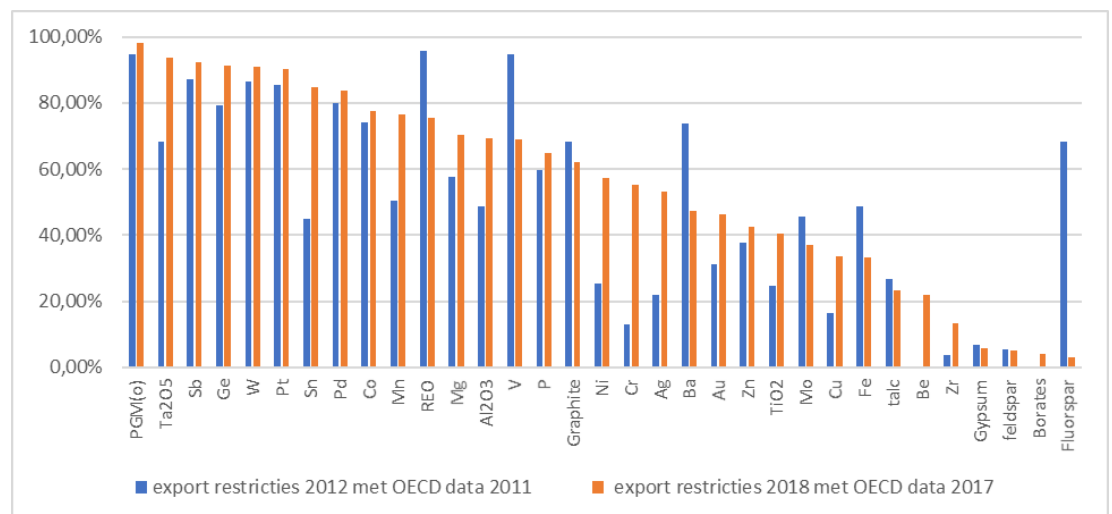
De mate waarin China handelsrestricties toepast op haar grondstoffen is enigszins vertekend door het grote aantal verschillende grondstoffen dat in China gewonnen wordt. Opvallend is de rol van Indonesië: als enige land hanteert dit land voor de hier beschouwde grondstoffen een aantal exportverboden, 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 goud. Verder hanteerde alleen Indonesië nog een exportquotum voor goud.
- Rusland hanteert geen exportrestricties volgens de lijst van 2017, terwijl in 2011 nog voor 4 materialen geen automatische licenties werden afgegeven.
- Het hanteren van exportverboden werd in 2011 niet gerapporteerd terwijl er in 2017 in totaal 12 exportverboden van kracht waren, waarvan 7 door Indonesië.



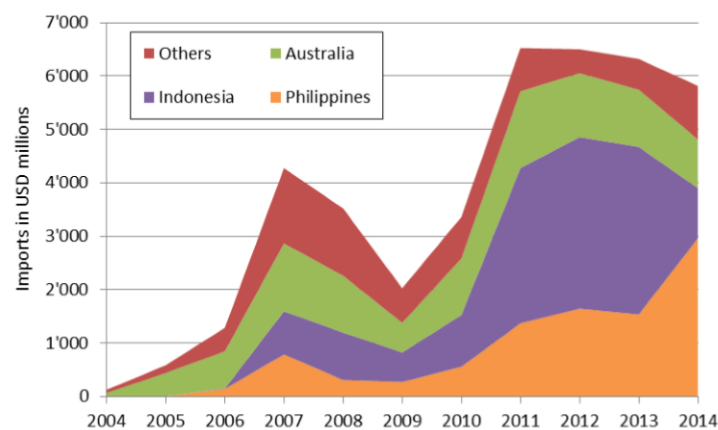
Figuur 12 Aandeel exportrestricties in totale productie (data 2017)



Figuur 13 Aandeel exportrestricties in 2011 en 2017 (bron: OECD)

Uit het overzicht van Figuur 12 blijkt dat van tal van materialen meer dan 50% tot zelfs meer dan 90% (voor tantaaloxide, enkele platinagroep-materialen en germanium) 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. Dit geldt dan bijvoorbeeld voor **antimoon** (Sb, aandeel 77%), **germanium** (Ge, aandeel 79%), **natuurlijk grafiet** (aandeel 68%), **zeldzame aarden** (aandeel 75-95%) en **wolfram** (W, aandeel 84%).

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 gepubliceerd¹⁷. 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.



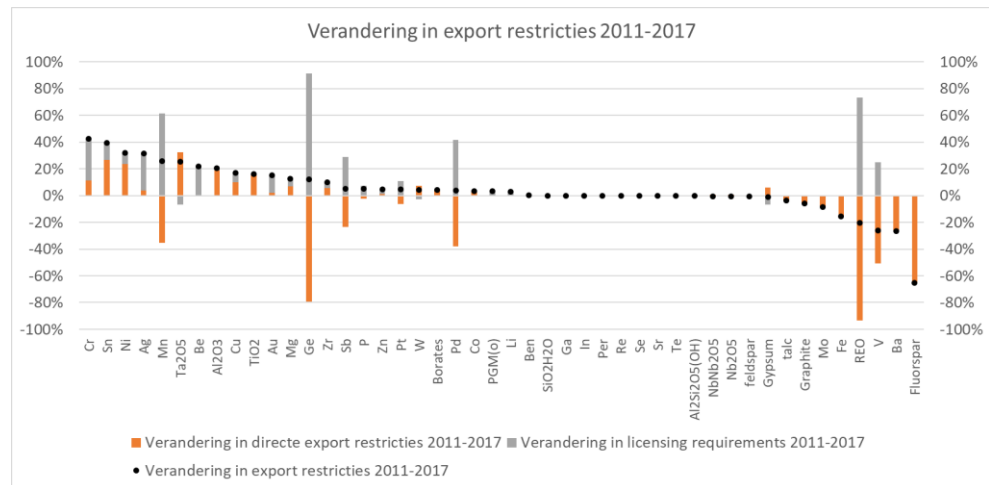
Source: UNCTADStat, SITC code 284 (Nickel ores & concentrates; nickel mattes, etc.)

Figuur 14 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.

Opvallend is dat voor enkele grondstoffen exportmaatregelen zijn afgebouwd zoals voor **vanadium**, **barytes** en **fluorspar**. Maar voor vrijwel alle andere grondstoffen zijn er aanzienlijk meer maatregelen genomen in 2017 dan in 2011. Figuur 15 laat deze ontwikkeling duidelijk zien.

¹⁷ Using trade policy to drive value addition: Lessons from Indonesia's ban on nickel exports, prepared by Kris Terauds, Special Unit on Commodities (SUC) of UNCTAD, 2017



Figuur 15 Veranderingen van exportrestricties tussen 2011 en 2017

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.

2.4.1 Case study stap 2 - Ontwikkeling m.b.t. exportrestricties voor koper, nikkel, kobalt en platina

Geopolitiek: Bestaande exportrestricties, 2018

KOBALT

Voor 78% van het volume geldt een vorm van exportrestrictie. Een toename tussen 2011 en 2017 van +4%. China en Indonesië zijn samen verantwoordelijk voor 72% aan directe exportrestricties.

Exportverbod: Tussen 2011 en 2017 is er een exportverbod gaan gelden voor Indonesië en Congo.

Exportheffing: China. En sinds 2011 geldt dit ook voor ook Zambia.

Niet-automatische licentie: Voor export vanuit Marokko geldt sinds 2011 een licentierestrictie, welke 6% bijdraagt aan het gewogen restrictietotaal.

PLATINA

Voor 90% van het volume geldt een vorm van een exportrestrictie. Een netto toename tussen 2011 en 2017 van +5%, waarin licentierestricties toenamen (+11%) en directe exportrestricties afnamen (-6%).

Exportheffing: Zimbabwe

Niet-automatische licentie: Voor export vanuit Zuid-Afrika geldt sinds 2011 een licentierestrictie, welke 6% bijdraagt aan het gewogen restrictietotaal.

KOPER

Voor 34% van het volume geldt een bepaalde vorm van een exportrestrictie. Dit is bijna een verdubbeling (+17%) sinds 2011 (19%).

Exportverbod: Nieuw sinds 2011 is het verbod op export vanuit Indonesië (0.02% van de wereldproductie) en Mongolië.

Exportheffing: China, Zambia, Congo

Niet-automatische licentie: Ook nieuw sinds 2011 zijn de licentierestricties in Mexico, Argentinië (was in 2011 nog een exportheffing) en Kazachstan.

NIKKEL

Voor 58% van het volume geldt een bepaalde vorm van een exportrestrictie. Een enorme toename tussen 2011 en 2017 van +33%. Deze toename wordt mede verklaard door het veranderde exportbeleid van Indonesië sinds 2011.

Exportverbod: Indonesië (22-37% wereldproductie in 2012 en 2018 respectievelijk voert sinds 2011 een verbod.

Exportheffing: China

Niet-automatische licentie: Madagascar, Mexico. Beide nieuw sinds 2011.



2.5 Recycling

De recyclinggraad speelt een rol in de EU-aanpak, en wordt ook gebruikt bij de bepaling van korte-termijn-kritikaliteit in eerder werk van TNO. Toch levert het feit dat een materiaal gerecycled wordt niet in directe zin een bijdrage aan verminderen van kritikaliteit.

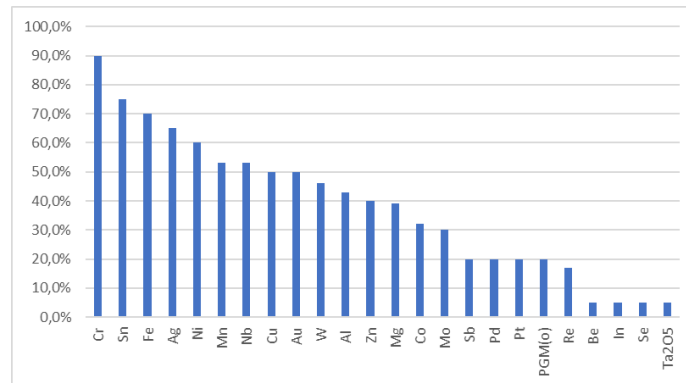
Wel kan de aanwezigheid van een recycling-infrastructuur bijdragen aan meer lokale 'sourcing' van secundaire grondstoffen. Het feit dat aan het einde van de levensduur van producten recycling kan plaatsvinden, houdt in dat er in principe een 'urban mine' aanwezig is in niet-mijnbouwlanden, zoals Nederland. De bijdrage die die urban mine zou kunnen leveren aan het reduceren van leveringsrisico's en kritikaliteit is moeilijk in te schatten: het hangt deels af van de verhouding tussen vrijkomende materialen en de behoefte aan deze materialen, van de handelsketens die voor eventuele export van end-of-life-producten bestaan, en van de plek waar de opwerking van secundaire materialen plaatsvindt. Verder kan de mate waarin recycling plaatsvindt in principe de leveringszekerheid verbeteren omdat er 'bronlanden' bijkomen die daarmee de HHI-score verlagen. Afhankelijk van het land waar recycling plaatsvindt, zou ook nog een gunstige bijdrage kunnen ontstaan op basis van de eventuele gunstiger WGI-score van deze landen t.o.v. mijnbouwlanden. 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. Ook de meest recente EU-analyse ter vaststelling van de lijst Critical Raw Materials uit 2020, erkent dat deze beschikbaarheid van gegevens een struikelblok is¹⁸.

Voor een analyse van het verloop tussen 2012 en 2018 is deze parameter niet geschikt omdat -ook daar- data niet beschikbaar zijn. De gegevens die in eerdere analyses van TNO¹⁹ zijn ingezet waren afkomstig uit het UNEP-rapport "Metals Recycling Rates"²⁰ uit 2011 en betroffen de zogenaamde EOL-RR, de end-of-life recycling rate. Deze geeft aan hoeveel van het mogelijk beschikbare materiaal aan het einde van de levensduur gerecycled wordt (zie Figuur 16).

¹⁸ European Commission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Final Report

¹⁹ Materialen in de Nederlandse Economie, TNO, EY, HCSS, NEVI, CML, 2015

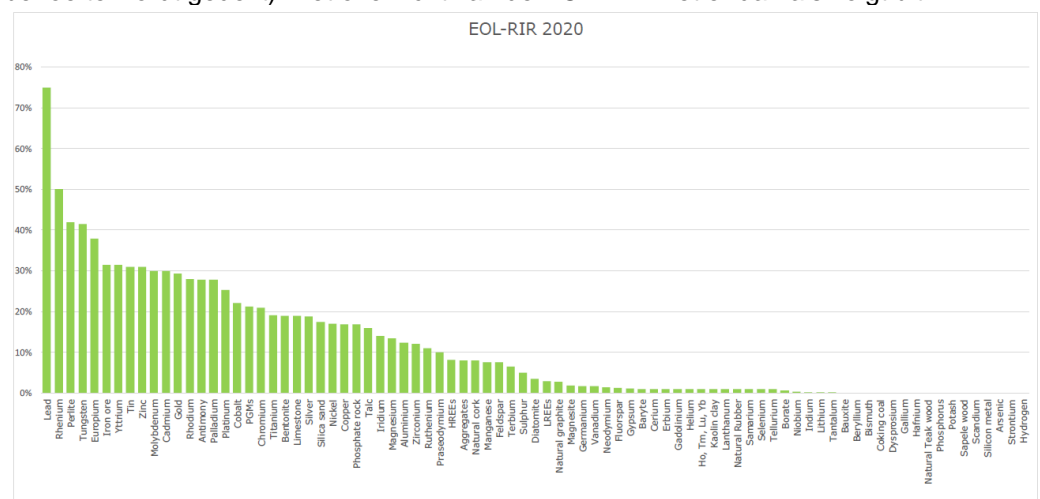
²⁰ Dit UNEP-rapport uit 2011 kwam tot stand onder redactie van het International Resource Panel; lead author: T.E. Graedel



Figuur 16 EOL-Recycling-rate (data afkomstig van UNEP, 2011)

Uit deze data blijkt dat voor slechts een beperkt aantal metalen een significant deel van de eventueel beschikbare materialen in een recycling-keten terecht komen. In het recente rapport van de Europese Commissie ter vaststelling van de lijst kritieke materialen wordt een andere parameter gekozen om het ‘dempende’ effect van recycling op kritikaliteit mee te nemen, te weten de Recycling-Input Rate, EOL-RIR. Deze wordt gedefinieerd als: “*The end-of-life recycling input rate (EOL-RIR) refers to the ratio of recycling of old scrap in the EU to the EU supply of raw material EOL-RIR is production of secondary material from post-consumer functional recycling (old scrap) sent to processing and manufacturing and replacing primary material input.*”²¹

In het rapport wordt ook voor deze parameter geconstateerd dat er weinig publieke gegevens beschikbaar zijn en dat ondanks een forse inspanning van de zijde van de Commissie de gegevens van matige kwaliteit zijn. Ondanks dat is het in principe een betere keuze om van deze RIR gebruik te maken dan van de eerder gekozen EOL-RR. Het geeft immers aan welk deel van de benodigde consumptie afkomstig is van secundaire bronnen (terwijl de RR alleen aangaf welk deel van beschikbaar materiaal opnieuw kon worden ingezet, hetgeen niets zegt over de mate waarin de behoefte wordt gedekt). Het overzicht van de EOL-RIR ziet er dan als volgt uit:

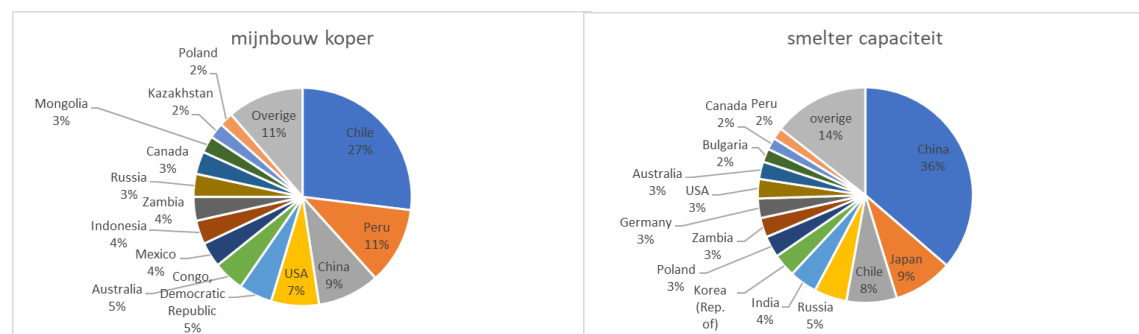


Figuur 17 Overzicht EOL-RIR (%) (bron: EC)

²¹ Ibidem, p.53

Het genoemde EU-rapport geeft geen gegevens die kunnen wijzen op een mogelijke verschuiving van deze data, en daarmee is de EOL-RIR niet geschikt als indicator voor veranderingen in leveringszekerheid. Er zijn enkele uitzonderingen hierop. In de publieke databases van de USGS worden gegevens gepubliceerd over de raffinage- en smelt-stappen van koper en tin. Op basis van deze data ontstaat een beeld van de mate waarin primaire bronnen (uit mijnbouw) of secundaire bronnen (uit recycling) worden ingezet in deze volgende stappen van het productieproces. Omdat deze cijfers elk jaar worden gepubliceerd bieden ze de mogelijkheid eventuele verschuivingen zichtbaar te maken.

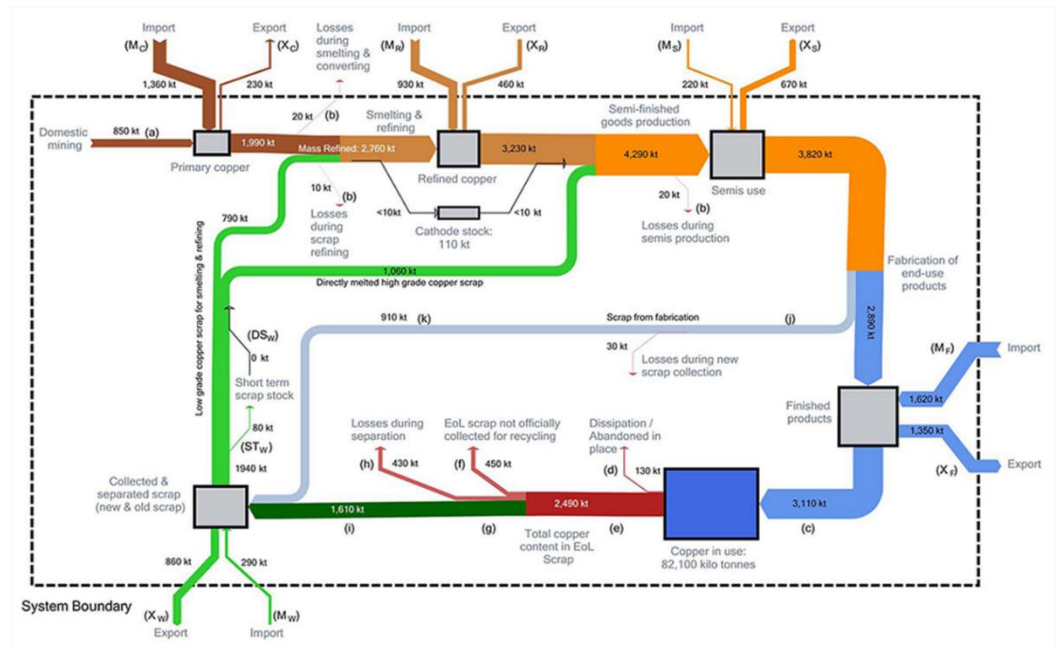
De landenconcentratie voor zowel de mijnbouw als de smelter-capaciteit is gegeven in Figuur 18.



Figuur 18 Mijnbouw- (links) en smelter-capaciteit voor koper

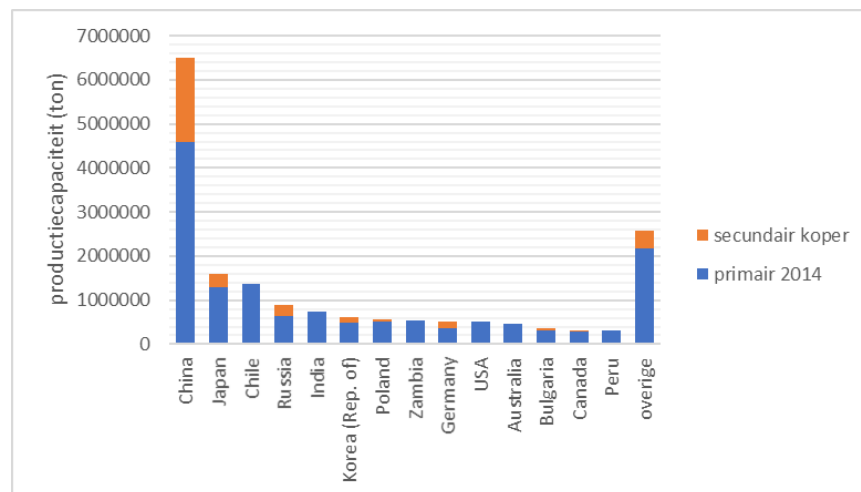
Wat opvalt is dat de concentratie van bronlanden sterk afwijkt van die van landen met raffinage- en smelter-capaciteit. Waar Chili en Peru de dominante bronlanden zijn van kopererts, is China met afstand de grootste producent van opgewerkt en geraffineerd koper. Dit aspect zullen we hier niet verder uitwerken, maar is een duidelijk signaal dat bij de beschouwing van kritikaliteit en leveringszekerheid het relevant is om te bepalen welk element in de supply chain het meest bepalend is. Ook daar (net als in het geval van EOL-RIR) is de beschikbaarheid van gegevens weer een grote uitdaging.

Uit de USGS-gegevens kan worden afgeleid dat een significant gedeelte van de huidige koperproductie uit de smelting en raffinage afkomstig is van secundaire bronnen. Een beeld van de plek van smelting en raffinage en de wijze waarop secundaire bronnen worden ingezet is gegeven in Figuur 20.



Figuur 19 Koperkringloop in Europa (bron: Soulier et al.)²²

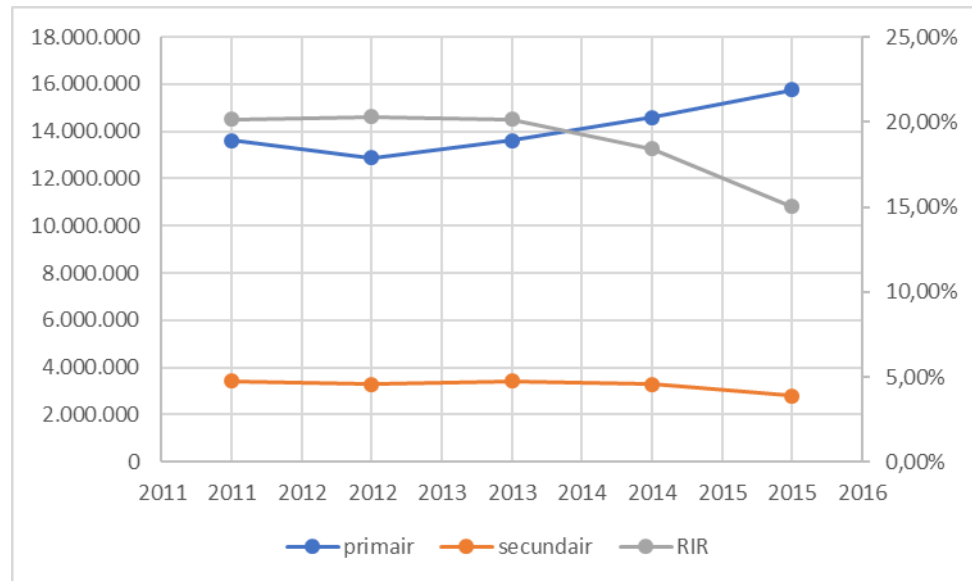
De verdeling van primaire en secundaire bronnen voor de smelt-fase is gegeven in Figuur 20.



Figuur 20 Smelter-capaciteit (2014) (bron: USGS)

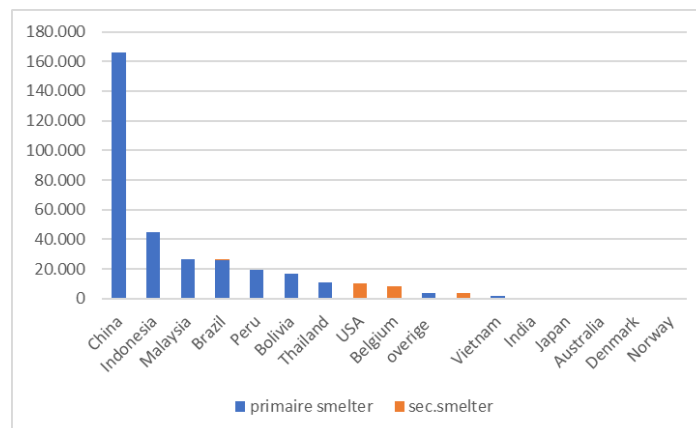
Alhoewel koperrecycling ook in Europa goed ontwikkeld is, zijn de grootste volumes ‘koper-scrap’ te vinden in China, Japan en Rusland. Deze gegevens zijn ook door de jaren heen te volgen zoals te zien is in Figuur 21. Hieruit blijkt dat de gemiddelde RIR in de loop der jaren iets verlaagd is van ongeveer 21% in 2012 tot ongeveer 15% in 2015 a.g.v. vooral de stijging van de primaire productie.

²² Dynamic Analysis of European Copper Flows (2014), Soulier et al. Resources, Conservation & Recycling 129 (2018) 143-152



Figuur 21 Verloop gebruik primair en secundair materiaal in smelters (links) en RIR (% , rechts)

Vergelijkbare gegevens zijn ook te herleiden uit de USGS-data op het gebied van tin. Ook daar worden de primaire en secundaire bronnen voor secundaire smelters gegeven.



Figuur 22 Tin-Smelter-capaciteit (bron: USGS)

Uit analyse van deze gegevens blijkt dat de RIR in de loop der jaren niet veel veranderd is, namelijk van 8 naar 7% is gedaald. Buiten gegevens voor deze materialen, biedt de USGS geen verdere inzichten in de mate van gebruik van secundaire bronnen voor materiaalproductie. Dit ondersteunt het beeld dat recycling-data onvoldoende in kwaliteit en kwantiteit zijn om te dienen als indicator om op relevant detailniveau als monitor in te zetten.

2.5.1 Case study step 2 - WGI-ontwikkeling voor koper, nikkel, kobalt en platina

End-of-life recycling rate (EoL-RR) End-of-life recycling input rate (EoL-RIR)

KOBALT

Van het kobalt wat in gebruik was, werd in 2011 mogelijk 31% gerecycled (EOL-RR).

In 2020 is 22% van het geconsumeerde kobalt van secundaire bronnen (EOL-RIR).

PLATINA

Van het platina wat in 2011 in gebruik was, werd mogelijk 20% gerecycled (EOL-RR).

In 2020 is 25% van het geconsumeerde platinum van secundaire bronnen (EOL-RIR).

KOPER

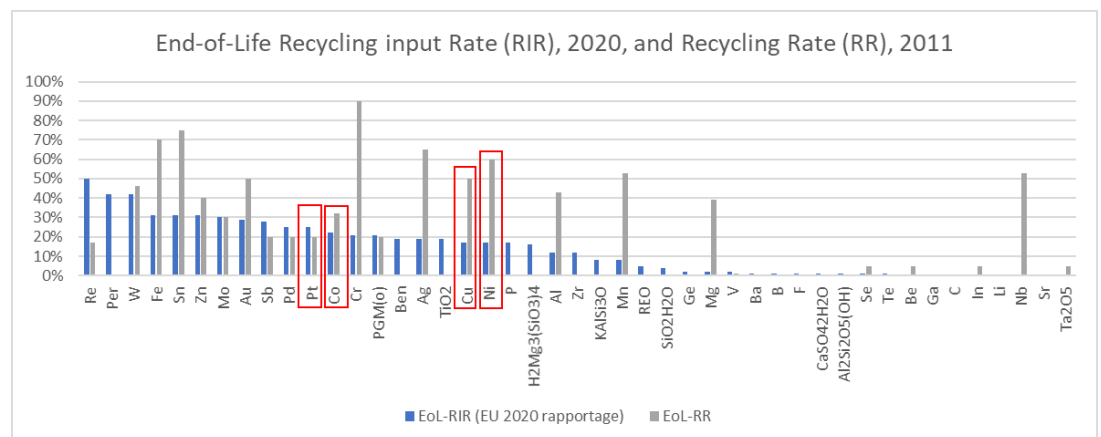
Van het koper wat in 2011 in gebruik was, werd mogelijk 50% gerecycled (EOL-RR).

In 2020 is 17% van het geconsumeerde koper van secundaire bronnen (EOL-RIR).

NIKKEL

Van het nikkel wat in 2011 in gebruik was, werd mogelijk 60% gerecycled (EOL-RR).

In 2020 is 17% van het geconsumeerde nikkel van secundaire bronnen (EOL-RIR).

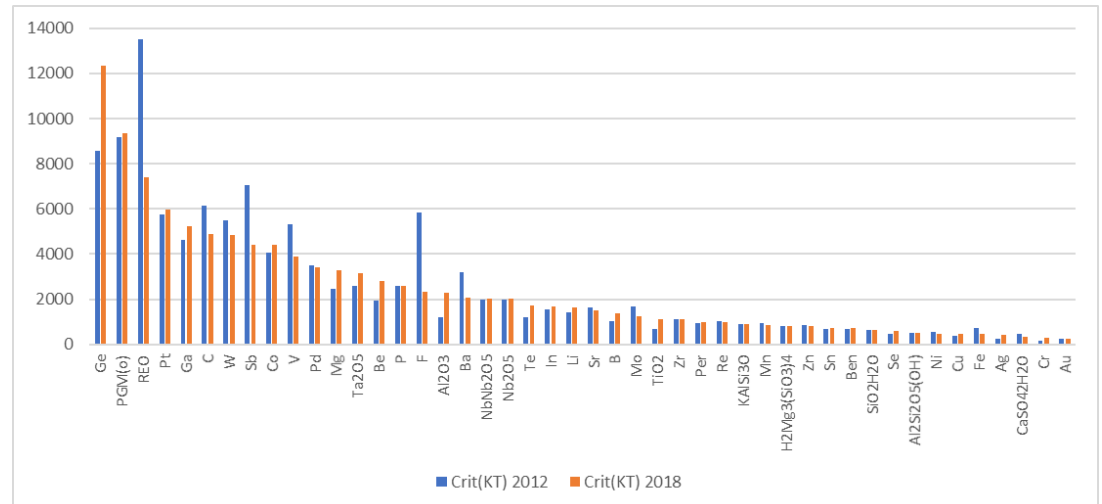


2.6 Verschuiving van kritikaliteit tussen 2012 en 2018

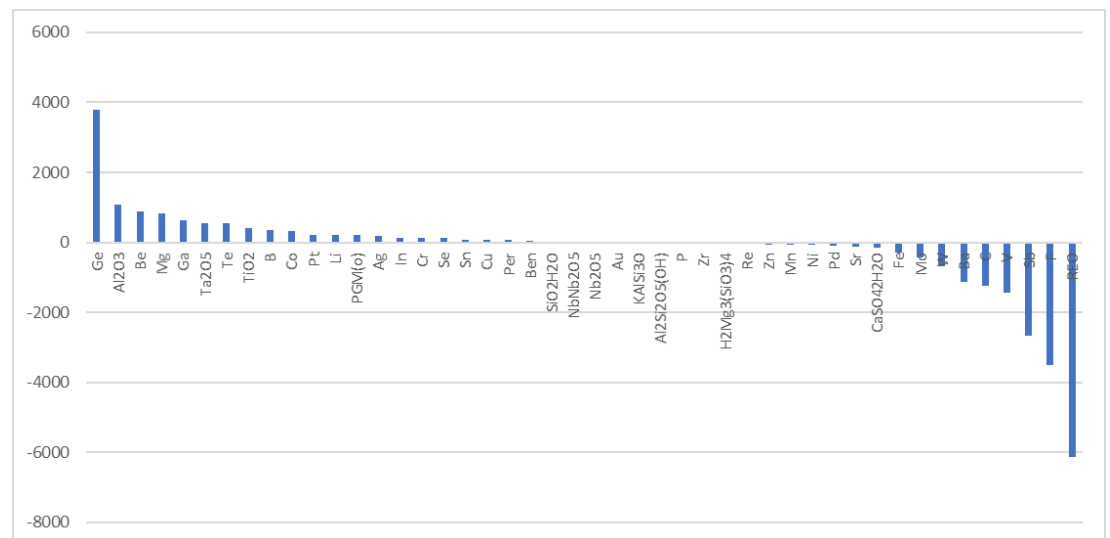
Zoals eerder besproken heeft TNO in 2015 korte-termijn-kritikaliteit als volgt vastgesteld:

$$\text{Criticality}_{\text{KT}} = \text{HHI}_{\text{prod}} * (\text{WGI}_{\text{gewogen}} + \text{OECD-restricties}_{\text{gewogen}}) * (1 - \% \text{EOL-RR})$$

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



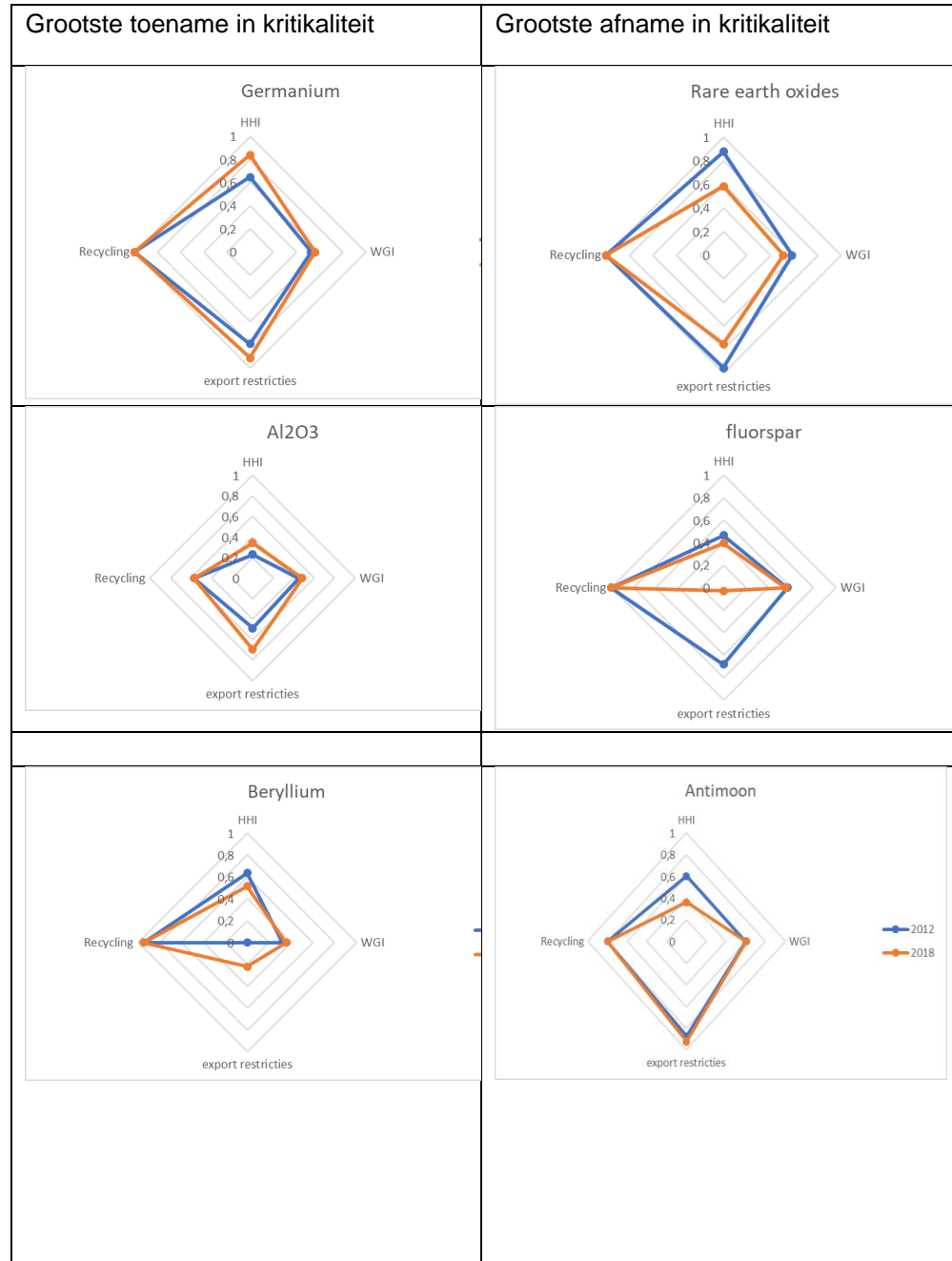
Figuur 23 Korte-termijn-kritikaliteit in 2012 en 2018



Figuur 24 Verschil tussen kritikaliteit in 2018 en 2012 (positief = grotere kritikaliteit in 2018)

De grootste stijgingen in kritikaliteit tussen 2012 en 2018 zitten bij **germanium**, **alumina**, **beryllium**, **magnesium** en **gallium**. De grootste dalers zijn: **zeldzame aardmetalen** en **fluorspar** en in mindere mate **antimoon**, **grafiet**, **vanadium** en **baryte**. Om voor elk van de onderliggende parameters in één oogopslag te kunnen zien wat de achtergrond van deze verschuivingen is, zijn onderstaande diagrammen opgesteld. Voor elk van de vier indicatoren die bepalend zijn voor de

korte-termijn-kritikaliteit is weergegeven hoe deze is ontwikkeld tussen 2012 (de blauwe lijn) en 2018 (de oranje lijn). Als voorbeeld: de afname van kritikaliteit van zeldzame aardoxides wordt veroorzaakt door een lagere HHI (meer landenspreiding) en een lagere impact door exportrestricties.



Figuur 25 Achtergrond van verschuivingen in kritikaliteit

2.6.1 Case study stap 2 - ontwikkeling van korte-termijn-kritikaliteit voor koper, nikkel, kobalt en platina

Korte-termijn-kritikaliteit - samengestelde indicator:

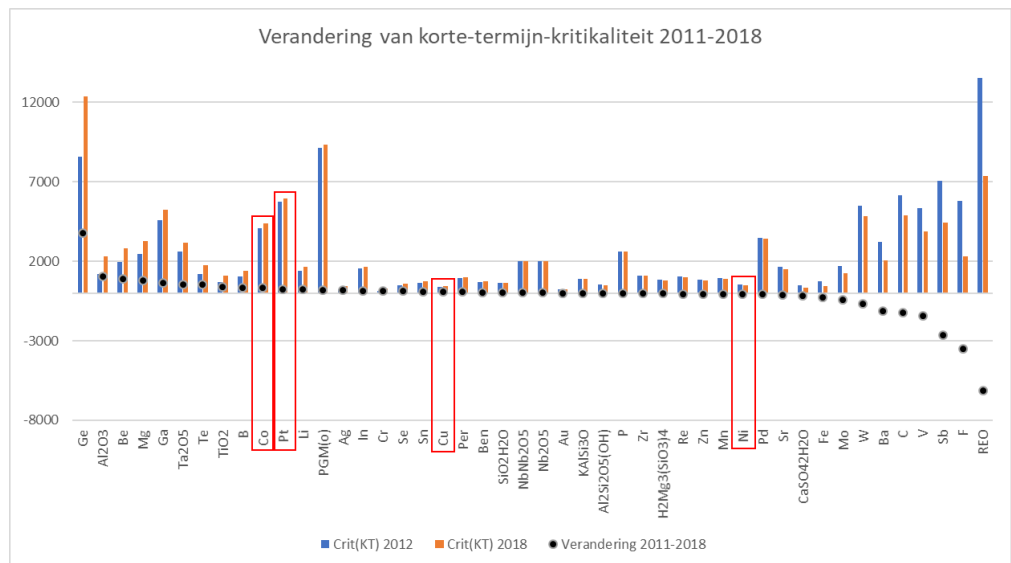
$$\text{Criticality}_{KT} = \text{HHI}_{\text{prod}} * (\text{WGI}_{\text{gewogen}} + \text{OECD-restricties}_{\text{gewogen}}) * (1 - \% \text{EOL-RR})$$

KOBALT
 2018 score: 4400
 Verandering tov 2011: +330
 Kobalt staat op plek 10 van grootste stijgers.

PLATINA
 2018 score: 6000
 Verandering tov 2011: +220
 Platina staat op plek 11 van grootste stijgers.

KOPER
 2018 score: 460
 Verandering tov 2011: +70

NIKKEL
 2018 score: 480
 Verandering tov 2011: -80



3 Verkenning naar dynamische indicatoren: PMI, prijsvolatiliteit, leveringsonderbrekingen

3.1 Inleiding: waarom nieuwe indicatoren introduceren?

In de voorgaande hoofdstukken hebben we indicatoren besproken en behandeld die in eerdere analyses (zowel in Nederland als in Europa) ingezet werden, en ook geconstateerd dat er nadelen kleven aan enkele van die indicatoren. Deze nadelen hebben vooral te maken met het tamelijk statische karakter van enkele van die indicatoren, dan wel het niet beschikbaar zijn van transparante data op dat vlak. Indicatoren met een trage tijdconstante geven wel richting aan een eerste risicoanalyse en een daarop gestoeld beleid (per bedrijf of op landenniveau), maar zijn niet in staat om snel veranderende omstandigheden in die beleidsvorming mee te nemen. Indicatoren die dat mogelijk wel zijn, worden hier voorgesteld. De Procurement Managers Index PMI, en prijsvolatiliteit. Beide indicatoren worden in toenemende mate van belang geacht in internationale gremia die zich buigen over leveringszekerheid, zoals bijvoorbeeld de IRTC, de International Round Tabel on Critical Materials (zie verder 6.3).

3.2 De Purchasing Managers' Index PMI: voorbeeld van een operationele grondstof-gerelateerde indicator

Door de Nederlandse Vereniging van Inkoopmanagement NEVI wordt elke eerste werkdag van de maand de Purchasing Managers' Index PMI gepubliceerd²³. De informatie van de PMI kan in verschillende vormen beschikbaar worden gesteld aan bedrijven en overheden. Zoals de website van de NEVI t.a.v., de PMI stelt: *“Het PMI-rapport van Nevi geeft jou als inkoper meer inzicht in de inkoopmarkt. Het biedt namelijk waardevolle voorspellingen aan waar je als inkoper goed op in kunt spelen. Het geeft een indicatie wanneer het wel of niet het goede moment is om in te kopen. Inkoopers kunnen de data uit de PMI gebruiken als onderbouwing voor inkoopkeuzes.”*

Al uit deze tekst blijkt dat de indicator wordt geïntroduceerd als een typisch operationele indicator, waar inkoopers hun beleid op af kunnen stemmen. Om dat te kunnen doen is die maandelijkse frequentie ook essentieel.

3.2.1 De opbouw van de PMI

De Purchasing Managers' Index (PMI) wordt samengesteld door het internationale marktonderzoeksbureau IHS Markit. Maandelijks worden 26.000 bedrijven wereldwijd volgens een standaardformat bevraagd over de trends op verschillende aspecten van inkoop. Uit de resultaten wordt maandelijks de PMI afgeleid. In Nederland worden de gegevens aangeleverd door ongeveer 400 bedrijven uit verschillende sectoren in de Nederlandse industrie. In de maandelijkse enquête wordt gevraagd naar productie, nieuwe orders, exportorders, ingekocht materiaal, inkoopprijs, werkgelegenheid, levertijden, voorraad ingekocht materiaal en voorraad gereed product. Verder wordt er gerapporteerd welke commodities in prijs zijn gestegen of gedaald (in de ogen van de inkoopmanagers) of waar er tekorten zijn opgetreden.

²³ <https://nevi.nl/membership/nevi-inkoopmanagersindex-pmi>



Figuur 26 Opbouw van de PMI

Een PMI-score ligt onder of boven de 50. Is de PMI gelijk aan 50 dan duidt dit erop dat er geen verandering heeft plaatsgevonden ten opzichte van een maand eerder. Een PMI boven de 50 wijst op een stijgende trend, een positieve economische verwachting. Een PMI van onder de 50 wijst op een trend naar beneden, een negatief marktgevoel.

De PMI geeft een breed beeld van alle aspecten van het inkoopproces, en levert daarmee relevant inzicht voor het verloop van de economie. Als we specifiek inzoomen op aspecten die te maken hebben met kritikaliteit en leveringszekerheid, lijken de volgende aspecten het meest relevant voor het begrippenkader dat we hier beschouwen, namelijk leveringszekerheid en kritikaliteit:

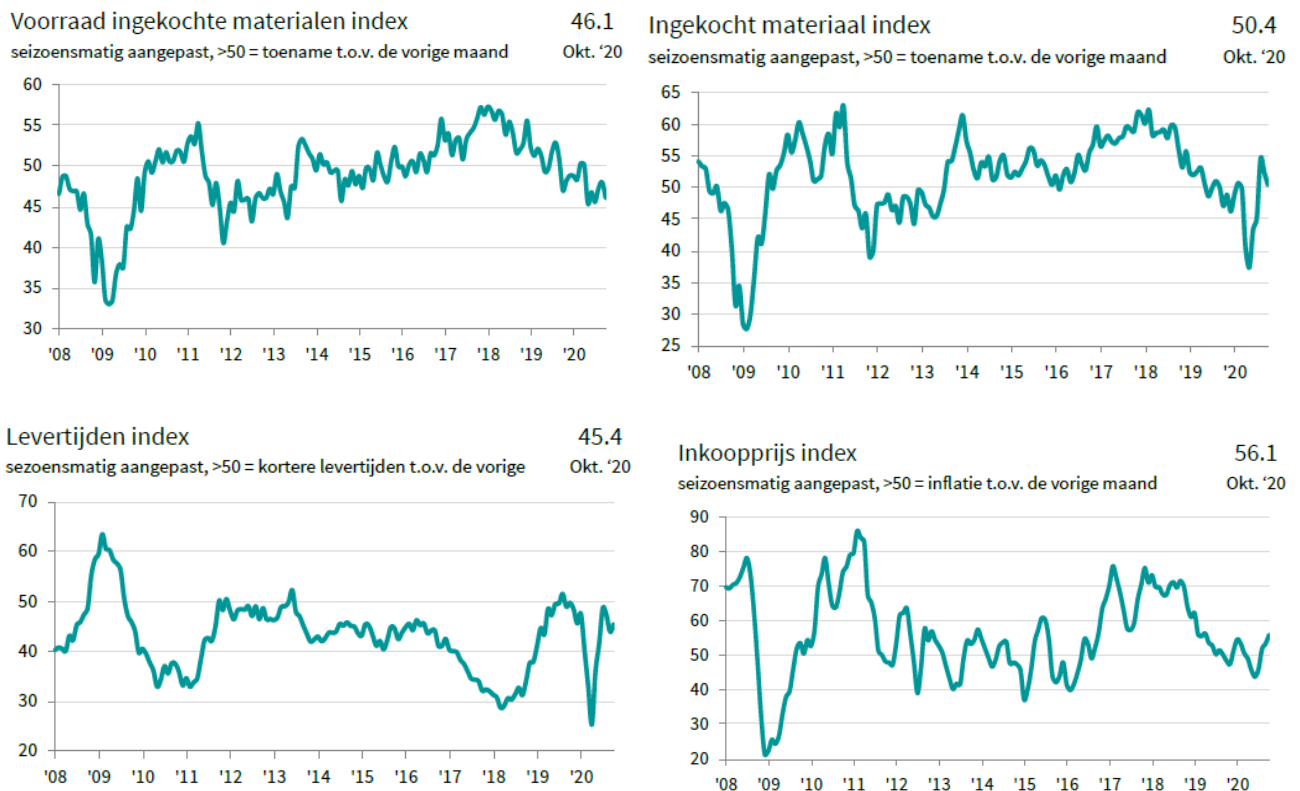
- **Voorraad ingekocht materiaal**
 - De voorraad kan te maken hebben met het reduceren van leveringsonzekerheid.
- **Hoeveelheid ingekocht materiaal**
 - De hoeveelheid heeft een relatie met de eventuele voorraadopbouw en kan ook te maken hebben met de hiervoor genoemde voorraadopbouw.
- **Levertijden**
 - Toenemende levertijden kunnen te maken hebben met actuele en acute schaarste, bijvoorbeeld veroorzaakt door plotselinge vraagtoename in nieuwe technologie, of door acute afname van productie a.g.v. natuurrampen, geopolitieke of arbeidsmarkt-onrust.
- **Inkoopprijs**
 - Inkoopprijs wordt door talloze parameters beïnvloed, maar een opwaartse druk op de prijzen kan een signaal zijn van een onbalans in vraag en aanbod, en dus van een mogelijke leveringsonzekerheid.

3.2.2 *Het verloop van de PMI in de afgelopen jaren*

De PMI-rapportage geeft een beeld van het verloop van de verschillende onderdelen van de PMI over de afgelopen (ruim) 10 jaar. We zoomen in op de elementen die in de vorige paragraaf als relevant voor leveringszekerheid werden geselecteerd.

In elk van deze overzichten is duidelijk de enorme impact te zien van de crises van de afgelopen 12 jaar.

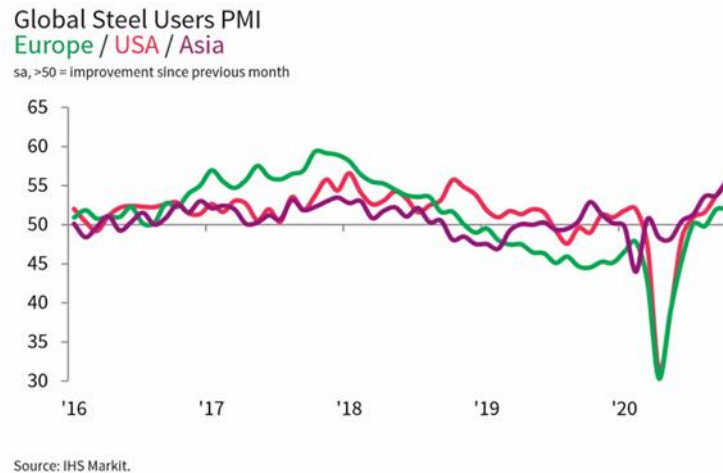
Door de economische crisis die ontstond in de nasleep van de bankencrisis uit 2008 namen de hoeveelheid ingekocht materiaal, voorraadvorming en de inkooprijds enkele maanden achter elkaar af. De levertijdenindex neemt in die periode sterk toe. In de wijze waarop de PMI wordt samengesteld betekent dit dat het met de levertijden in die periode steeds beter gesteld is dan in de maand daarvoor, oftewel: de levertijden worden steeds korter, waarschijnlijk door overtollige en dus snel te verschepen voorraden bij toeleveranciers. De gevolgen van de corona-crisis zijn ook duidelijk waarneembaar: de economische crisis leidt tot een afname van hoeveelheid ingekocht materiaal, en de barrières in internationaal verkeer en i.v.m. regionale lockdowns laten zich voelen in een sterk toenemende levertijd (oftewel: sterk afnemende levertijdenindex).



Figuur 27 Materiaal-gerelateerde indexen als onderdeel van de PMI

Deze indicatoren geven een goed beeld van het verloop van de Nederlandse economie, maar zijn tegelijk sterk geaggregeerd. Onderzocht zal moeten worden of deze beelden per onderliggende sector kunnen worden uitgesplitst zodat de link tussen deze indices en essentiële grondstoffen of componenten in meer detail zichtbaar wordt. Op continentaal niveau is dat wel mogelijk zoals uit Figuur 28 blijkt. Dit voorbeeld laat zien dat de PMI voor staalgebruikers in de US en Europa ernstig

te lijden had van de COVID-crisis, terwijl dat in China eerder plaatsvond en veel minder impact had.



Figuur 28 Global Steel Users PMI

Indien dergelijke analyses op het niveau van landen (zoals Nederland) kan plaatsvinden ontstaat een interessant beeld van de kwetsbaarheid van sectoren en de Nederlandse economie.

3.3 Prijs en prijsvolatiliteit van grondstoffen

3.3.1 Prijzen een belangrijke risicoparameter voor het bedrijfsleven

Als eerder gezegd is het volgen van prijsontwikkelingen van groot belang voor het bedrijfsleven (en daarom indirect ook voor overheden die zorgdragen voor economische ontwikkelingen op nationaal niveau). Zoals werd gesteld tijdens een meeting van de International Roundtable on Materials Criticality IRTC: “*the starting point to assess economic risks are usually fluctuating prices of metals*”²⁴. Prijzen en prijsvolatiliteit worden echter niet vaak ingezet als relevante indicatoren in kritikaliteitsanalyses.

Uit dezelfde IRTC-meeting komt de volgende quote van het bedrijf Grundfos, wereldwijd de grootste pompproducent. De quote geeft aan dat aandacht voor prijzen vanuit risicobeheersingsperspectief groeit binnen de industrie: “*Grundfos has set up a cross-functional team, including purchase, operations and development departments, to investigate criticality and provide recommendations. The company invests in the development of robust supply chains with long-term partnerships and evaluates the environmental impacts of their products. Furthermore, the analyses of price curves and price risks play an important role.*”

Marktpartijen reageren niet alleen op de absolute prijs van een grondstof maar ook op de prijsvolatiliteit. Volatiliteit geeft een beschrijving van de (on)voorspelbaarheid van de marktprijs. Volatiliteit is een maat voor de variantie van een variabele door de tijd en kan vertaald worden naar een volatiliteit op jaarbasis waardoor meerjarige trends zichtbaar kunnen worden gemaakt.

²⁴ <https://irtc.info/wp-content/uploads/2020/06/Report-Workshop-Managing-risks-in-industry-supply-chains-May-19-2020.pdf>, rapport van meeting van International Round Table on Materials Criticality

3.3.2 *Achtergrond van volatiliteitsbepalingen en de noodzaak van data*

Vanuit dag-, maand-, of jaarlijkse prijzendeata kan een dag-, maand-, of jaarlijkse prijsvolatiliteit bepaald worden. Tevens kan de standaarddeviatie van deze volatiliteit per dag, maand of jaar bepaald worden, waaruit vervolgens de volatiliteit op jaarbasis bepaald kan worden. Deze volatiliteit op jaarbasis geeft de mate van gevoeligheid van een materiaalmarktwaarde weer in één getal. De trend of grilligheid voor meerdere opeenvolgende jaren geeft inzicht in de manier waarop de marktprijsvolatiliteit varieert van jaar tot jaar. Deze informatie kan gebruikt worden voor lange-termijn trendherkenning zoals duidelijk wordt uit het onderstaande koperprijs-voorbeeld (paragraaf 3.3.3).

Voor verschillende metalen en materialen zijn publiek toegankelijke bronnen voor prijzen beschikbaar. Helaas zijn hierin niet alle materialen opgenomen en wisselt de kwaliteit van de historische database. Het bepalen van prijsvolatiliteit heeft datareeksen nodig, met een detailniveau dat aansluit bij de tijdsschaal die bekeken wordt. Het gebrek aan data is gelijk een struikelblok voor de inzet van prijzen en prijsvolatiliteit als indicator. In principe dient een analyse van alle materialen die relevant zijn voor een economie, of het functioneren van een onderneming, op gelijke wijze verricht te kunnen worden. De afwezigheid van publieke prijsgegevens belemmert dat.

De DERA (Deutsche Rohstoffenagentur) heeft op haar informatieve website Rosys (<https://rosys.dera.bgr.de>) prijsontwikkelingen voor 11 metalen opgenomen, waaronder staal, aluminium, goud en platina. Naast de website van de DERA zijn diverse publiek toegankelijke of betaalde bronnen voor grondstofprijzen beschikbaar:

- www.metalsdaily.com
- www.macrotrends.net
- www.tradingeconomics.com
- www.argusmedia.com
- www.lme-prijzen.nl

Op basis van informatie uit de Rosys-database zullen we voor enkele metalen (te weten koper, kobalt, nikkel en platina) de gegevens analyseren omtrent prijsontwikkeling (waarbij we gebruikmaken van de Deflator²⁵ voor echte prijsberekening; hierbij wordt de reële prijsontwikkeling berekend door prijsveranderingen (inflatie / deflatie) te isoleren van de nominale prijsontwikkeling) en de volatiliteit van de prijs. Daarnaast wordt de prijsvolatiliteit op jaarbasis voor iedere maand weergegeven.

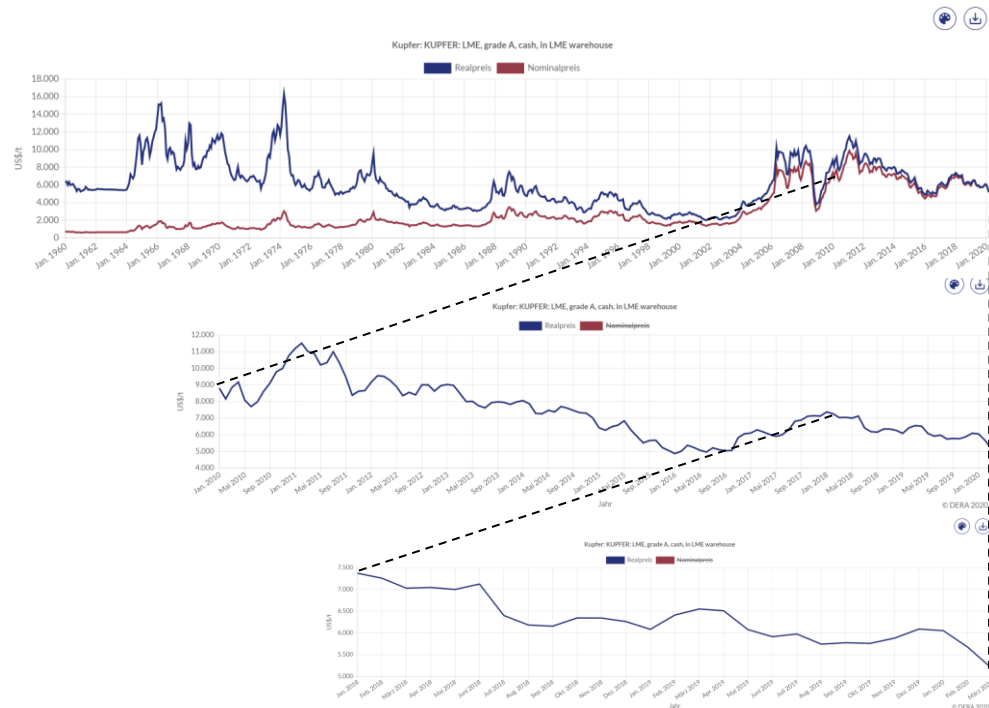
Het is nuttig om op te merken dat volatiliteit enkel een zinvolle indicator zal zijn wanneer de gekozen tijdsperiode kort genoeg is zodat veranderingen in volatiliteit zichtbaar zijn in de geaggregeerde indicator. Daarnaast wordt tijdens de bepaling van volatiliteit op jaarbasis, die is afgeleid van de dagelijkse volatiliteit, geen rekening gehouden met de richting van een prijsverandering. Dit houdt in dat prijsstijgingen en -dalingen als gelijkwaardig gezien worden. Vanuit

²⁵ Een **deflator** is een waarde waarmee gegevens in de loop van de tijd kunnen worden gemeten in termen van een basisperiode, meestal via een prijsindex, om onderscheid te maken tussen veranderingen in de geldwaarde van een bruto nationaal product (BNP) die het gevolg zijn van een verandering in prijzen en veranderingen als gevolg van een verandering in fysieke output. Het is de maatstaf van het prijsniveau voor een bepaalde hoeveelheid. Een deflator dient als een prijsindex waarin de effecten van inflatie teniet worden gedaan. Het is het verschil tussen het reële en het nominale bbp.

gebruikersperspectief van kritikaliteitsindicatoren zou een andere waarde aan negatieve dan aan positieve prijsverandering gehecht kunnen worden: daling kan gezien worden als kans, een stijging als een bedreiging. Op een mondiale markt voor metalen kan verwacht worden dat het economische verschijnsel 'varkenscyclus' opspeelt en overschotten en tekorten elkaar afwisselen op basis van de geldende metaalprijs. In het voorbeeld van de koperprijs is deze prijsschommeling te herkennen.

3.3.3 De prijsvolatiliteit van koper in detail

De prijsontwikkeling van koper tussen 1960 en 2020 wordt gegeven in Figuur 29. Uit de visualisatie van de koperprijs over drie verschillende tijdsschalen (60 jaar, 10 jaar en 2 jaar) is direct te concluderen dat iedere tijdsschaal een eigen toegevoegde waarde heeft. De 2-jaren schaal geeft details over de huidige ontwikkelingen; de 10 en 60 jaar schalen schetsen de context waarin de huidige prijsontwikkelingen geplaatst dienen te worden.

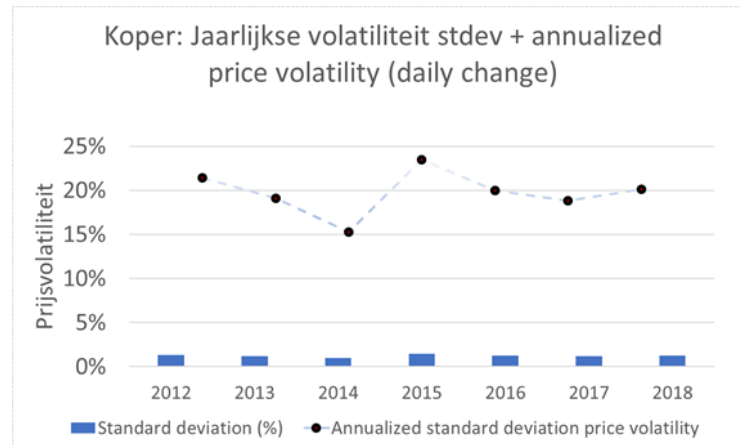


Figuur 29 Koperprijs op 60, 10 en 2 jaar-schaal

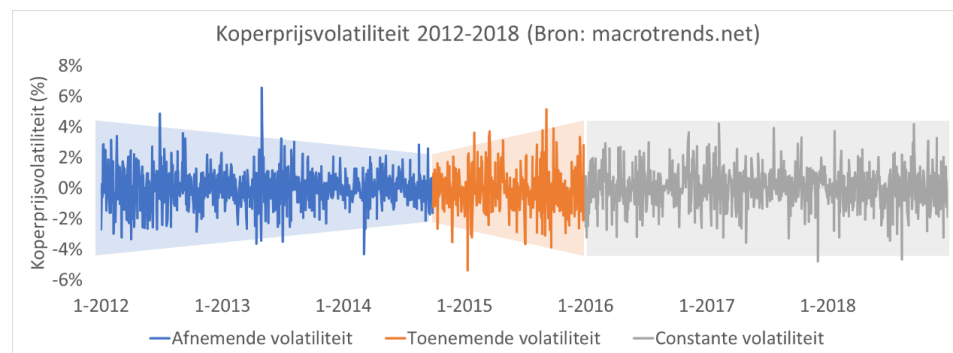
De 2-jaar schaal laat de schommelende daling van de koperprijs zien. Op de 10-jaar schaal wordt duidelijk dat deze daling met een vergelijkbare snelheid gebeurt als de daling tussen 2012 en 2016, en dat de continue stijgingen en dalingen een continu fenomeen zijn. Wanneer de afgelopen 2 en 10 jaar in perspectief van de gehele beschikbare prijsgeschiedenis op de 60-jaar schaal geplaatst wordt, wordt duidelijk dat de prijs relatief constant is geweest ten opzichte van eerdere jaren, met de periodes 1965-1980 en 2005-2012 als volatiele voorbeeldperiodes.

De bovengenoemde trends kunnen uitgedrukt worden in de hieronder toegelichte prijsvolatiliteitsindicatoren: de standaarddeviatie en de volatiliteit op jaarbasis. In Figuur 30 en Figuur 31 worden deze voor **koper** weergegeven voor de jaren 2012 tot en met 2018. Waar de standaarddeviatie enkel de mate van de dagprijsspreiding van een jaar weergeeft, geeft de volatiliteit op jaarbasis weer hoe grillig de prijsschommelingen zijn geweest door het gehele jaar heen.

Wat opvalt is de afnemende volatiliteit op jaarbasis tussen 2012 en 2014, wat duidt op een steeds minder grillige marktprijs. Tussen 2014 en 2015 neemt de volatiliteit toe, en vervolgens is een relatief constante jaarlijkse volatiliteit tussen 2015 en 2018 te zien. Deze afname, toename en constante volatiliteit tussen 2012 en 2018 is ook terug te zien in het verloop van de koperprijs (Figuur 29) en prijsvolatiliteit (Figuur 31).

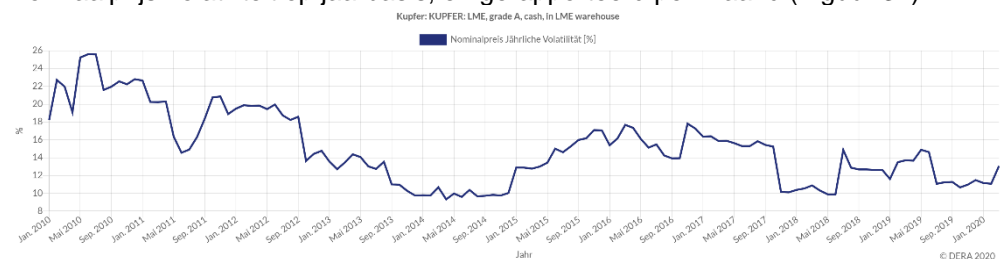


Figuur 30 Prijsvolatiliteit op jaarbasis en standaarddeviatie van koperprijs tussen 2012 en 2018



Figuur 31 Prijsvolatiliteit koper tussen 2012 en 2018

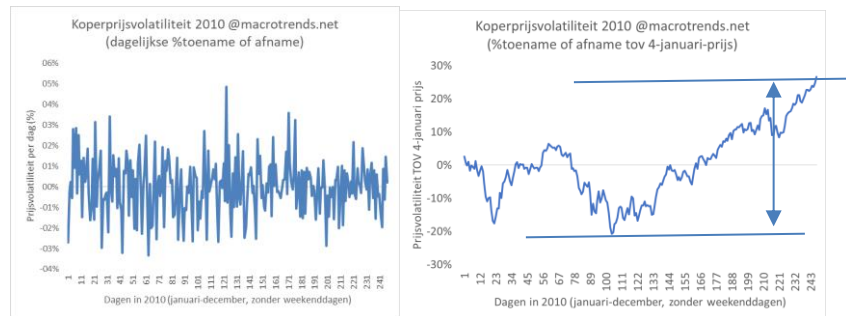
In de Rosys-database van de DERA wordt prijsvolatiliteit weergegeven als normaalprijs-volatiliteit op jaarbasis, en gerapporteerd per maand (Figuur 32).



Figuur 32 Prijsvolatiliteit op jaarbasis 2010-2020 koper (DERA rapportage)

Wanneer niet de dagelijkse volatiliteit bekeken wordt, maar juist de volatiliteit van een dag ten opzichte van de eerste handelsdag van de geanalyseerde tijdsspanne

(bijvoorbeeld een jaar, startend op de eerste handelsdag in januari), ontstaat een ander soort inzicht rondom volatiliteit: er ontstaat een bandbreedte van de prijsvolatiliteit per dag ten opzichte van dag 1 zoals zichtbaar is in Figuur 33. Volatiliteitstijgingen en -dalingen binnen deze bandbreedte zullen de bandbreedte-waarde niet aanpassen en zullen de indicator-waarde dus niet veranderen. Enkel veranderingen boven of onder de minimum en maximum waarde zullen opvallen. Dit maakt deze invulling van de volatiliteitsindicator gelijk aan de eerder geïntroduceerde Maximum Annual Price Increase Index (MAPII).



Figuur 33 Visualisatie van dag-tot-dag prijsvolatiliteit (links) en prijsvolatiliteit ten opzichte van de 1e handelsdag in een jaar (rechts)

3.3.4 Concluderende inzichten m.b.t. het inzetten van prijs en marktprijsvolatiliteit als indicatoren

De marktprijs van grondstoffen als kritikaliteitsindicator wordt in de industrie al ingezet. We hebben in dit rapport deze indicator geïntroduceerd en zijn (on)mogelijkheden uiteengezet. Het eerste beeld is dat zowel de marktprijs als marktprijsvolatiliteit van materialen waardevolle inzichten bieden met betrekking tot leveringszekerheidsrisico's. Het is echter van belang om daarnaast ook bewust te zijn en blijven van de beperkingen van deze indicatoren. In hoeverre dit type indicator bijdraagt aan de operationalisatie van grondstofkritikaliteit zal verder verkend moeten gaan worden.

Historische marktprijsinformatie geeft aanvullende inzichten in de ontwikkelingen op de internationale handelsmarkt. Dankzij periodieke prijsstijgingen en -dalingen kan gericht naar verklaringen gezocht worden via andere indicatoren zoals de WGI, exportrestricties en verhoogde of verlaagde productie. Of vice versa kunnen prijsveranderingen een beeld geven van de gevolgen van een indicatorverandering. Marktprijzen zijn niet direct representatief voor een optredend leveringszekerheidsrisico aangezien marktprijzen gebaseerd kunnen zijn op daadwerkelijk stijgende vraag of op verwachtingen van veranderingen in vraag en aanbod.

Om doelmatig gebruik te maken van de marktprijsvolatiliteit van een materiaal zijn de volgende overwegingen relevant:

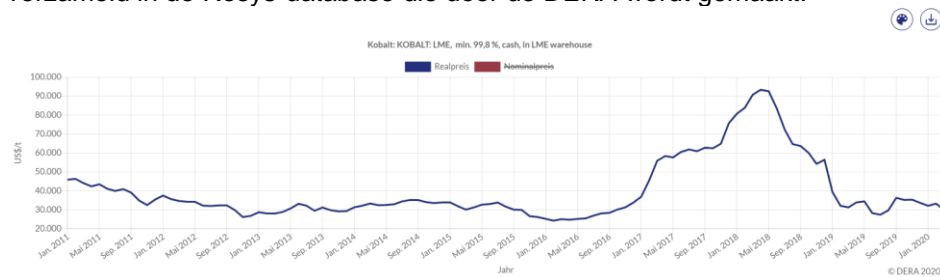
- i. de gekozen tijdsperiode waarover volatiliteit bepaald wordt: afhankelijk van het gekozen tijdsinterval zullen de standaarddeviatie en de volatiliteit op week- maand- jaar of meerjarige basis kunnen afwijken. Als de tijdsperiode te lang wordt zullen veranderingen niet meer opvallen in de aggregierte indicator.
- ii. het omgaan met lange-termijn trends achter een volatiele prijs: onderliggend aan volatiel gedrag kan een trend of patroon liggen dat niet opvalt door enkel naar kleine tijdsintervallen te kijken. Geavanceerde data analysemethoden kunnen onderliggende ontwikkelingen aan het licht brengen.

- iii. behoedzaam omgaan met de volatiliteit op jaarbasis: wanneer voor volatiliteitsbepalingen een referentietijdstip gekozen wordt, verliest de indicator zijn tijdsgebonden meerwaarde. Kleinere prijswisselingen verdwijnen buiten beeld en enkel het grootste historische prijsverschil blijft zichtbaar.

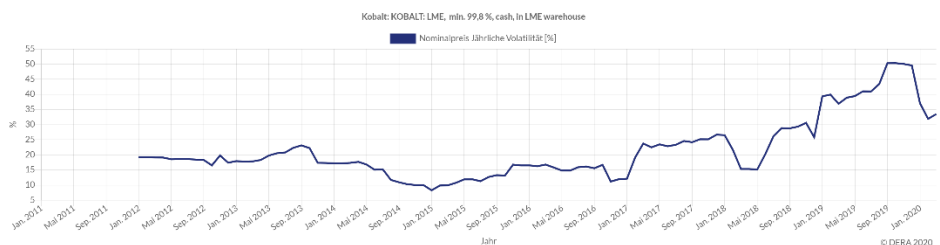
Per materiaal verschilt de datakwaliteit. Het gebrek aan vrij toegankelijke kwalitatieve historische prijsdata, of de beschikbaarheid in het algemeen, kan beperkend zijn in het gebruiken van de prijs en prijsvolatiliteit als indicator.

3.3.5 Case study stap 2 - Prijsvolatiliteit van kobalt, nikkel en platina

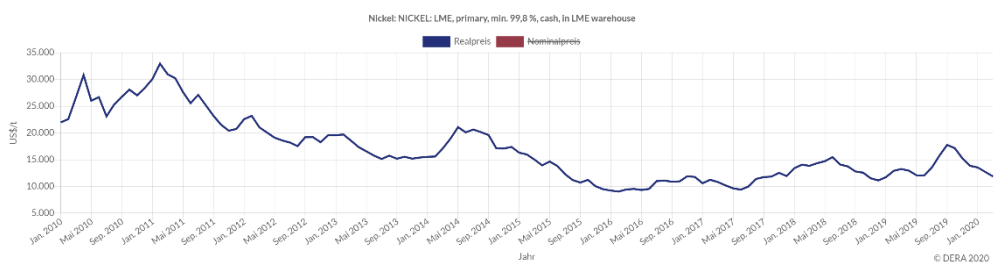
Ook voor de andere metalen die samenhangen met de in dit rapport besproken case-studies (naast koper, kobalt, nikkel en platina) zijn overzichten gegenereerd van het verloop van de prijzen en van de prijsvolatiliteit in de periode tussen 2010 en 2018. Discussie en conclusies aan de hand van deze gegevens is te vinden in de volgende paragraaf. Als gezegd zijn de gegevens afkomstig van de data verzameld in de Rosys-database die door de DERA wordt gemaakt.



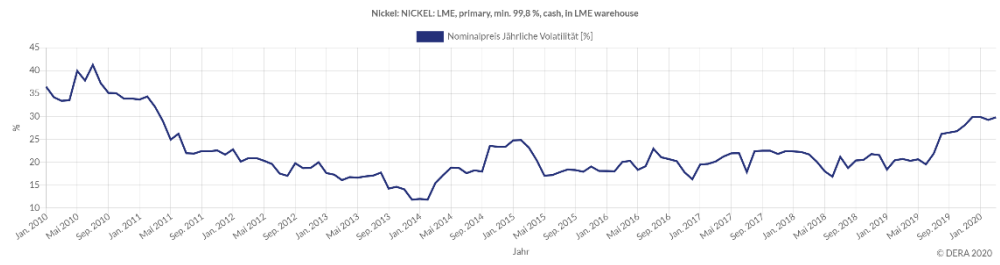
Figuur 34 Kobaltprijs 2011-2020



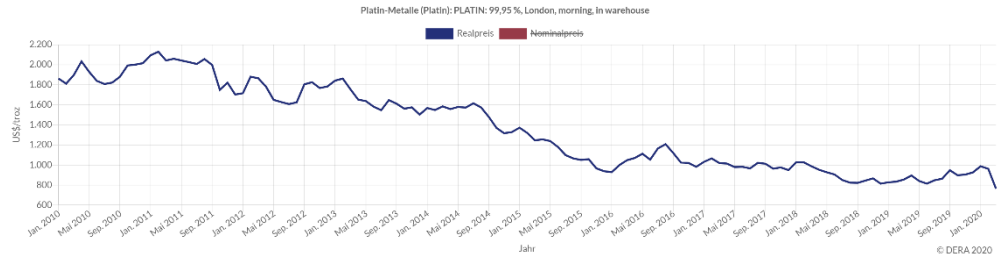
Figuur 35 Prijsvolatiliteit kobalt 2011-2020



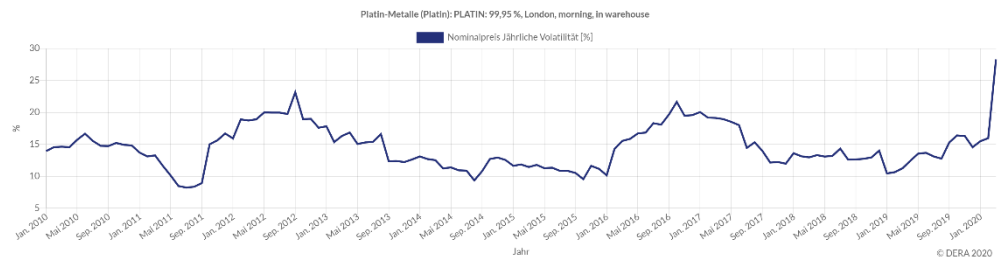
Figuur 36 Nikkelprijs 2010-2020



Figuur 37 Prijsvolatiliteit nikkel 2010-2020



Figuur 38 Platinaprijs 2010-2020



Figuur 39 Prijsvolatiliteit platina 2010-2020

Prijsvolatiliteit van grondstoffen/materialen

KOBALT

De prijsvolatiliteit op jaarbasis schommelde tussen de 10 en 50% in de periode 2012-2020, rond de prijs van \$28.000/ton. Tussen 01-2017 en 01-2019 vond een prijsstijging tot \$90.000 per ton kobalt plaats. Deze grote verstoring is te relateren aan Congo's politieke instabiliteit en exportrestrictiebeleid rond die tijd.

PLATINA

De prijsvolatiliteit op jaarbasis schommelde tussen de 3 en 23% in de periode 2010-2018, met een prijzen binnen de bandbreedte van \$700 en \$2.100 per ton platina.

KOPER

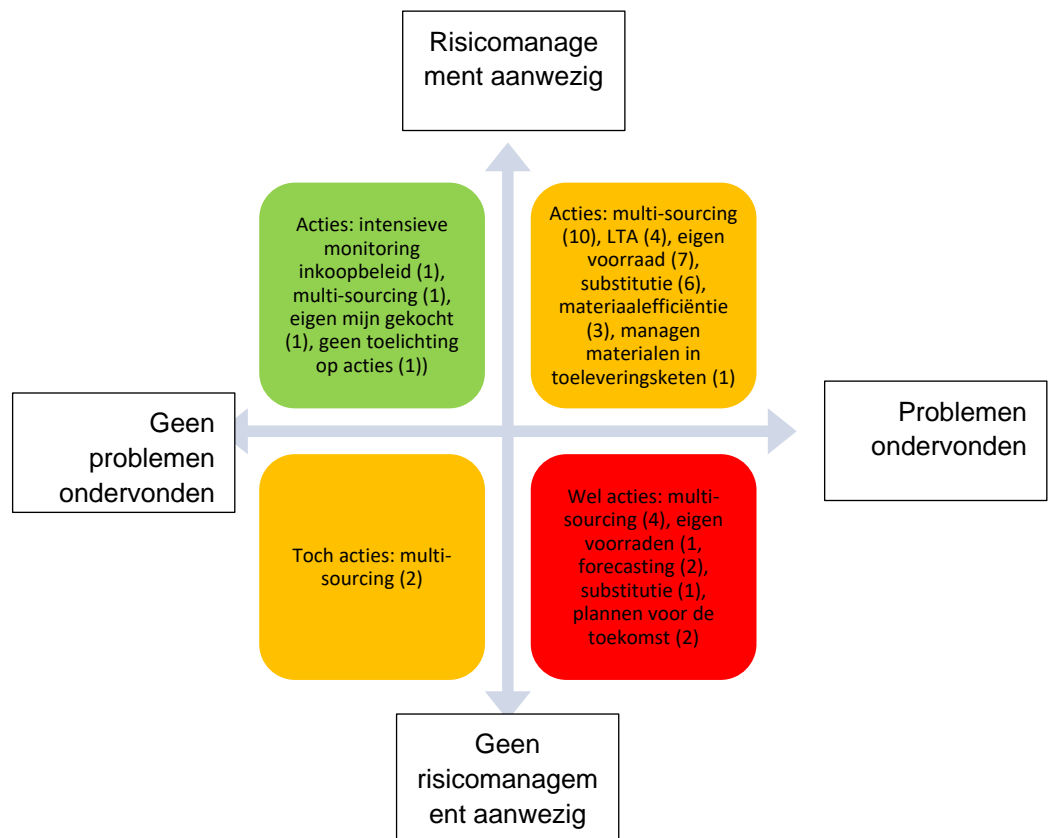
De prijsvolatiliteit op jaarbasis schommelde tussen de 10 en 20%, met een prijzen binnen de bandbreedte van \$4.000 en \$8.000 per ton koper.

NIKKEL

De prijsvolatiliteit op jaarbasis schommelde tussen de 12 en 25% in de periode 2012-2018, met nikkelprijzen binnen de bandbreedte van \$9.000 en \$32.000 per ton nikkel.

3.4 Acute leveringsonderbrekingen als indicator

Vanzelfsprekend de duidelijkste operationele ‘indicator’ voor een bedrijf is het optreden van acute leveringsonderbrekingen. Tijdens het onderzoek van TNO, M2I en de TU Delft (2012)²⁶ naar disrupties in de supply chain bleek dat 24 van de 30 toen geïnterviewde bedrijven in de drie jaar voorafgaand aan dat onderzoek leveringsonderbrekingen had ondervonden. Kenmerkend was dat deze leveringsonderbrekingen niet te maken hadden met de zogenaamde kritieke materialen zoals ze op de EU-lijsten voorkomen, maar met materialen als (roestvrij) staal, nikkel, aluminium, koper en verschillende kunststoffen. De oorzaken van deze disrupties waren divers; genoemd werden o.a. natuurrampen (tsunami, overstromingen) en grote marktmacht van (met name) Aziatische partijen die grote delen van bestaande productie opkochten. Dit is natuurlijk des te riskanter indien er een grote productieconcentratie bestaat. Zoals gezegd leveren deze disrupties vanzelfsprekend activiteiten op voor de getroffen bedrijven. De aard van de acties is gegeven in onderstaand diagram.



Wat deze observaties leren is dat disrupties tot actie leiden voor de bedrijven zelf en dat kennis over de mogelijkheid van disrupties dus een mogelijkheid biedt tot operationalisatie. Indien er bredere kennis is over disrupties in verschillende bedrijfstakken in Nederland kan dit enerzijds aanleiding geven voor nog niet getroffen bedrijven om risicoanalyses te verrichten en voor sector-organisaties en overheden om breder te analyseren wat de achtergrond is en of nadere actie

²⁶ Derk Bol en Ton Bastein, Kritische materialen en de Nederlandse technologische industrie, april 2012

gewenst is. Een grondstoffenplatform zoals de Grondstoffenscanner zou daar een podium voor kunnen bieden. Een andere mogelijkheid zou eventueel geboden kunnen worden op basis van de surveys die ten grondslag liggen aan de PMI. In de maandelijkse rapportages wordt melding gemaakt van materialen en producten waarvoor de afgelopen maand leveringsonderbrekingen hadden plaatsgevonden. Een overzicht van meldingen uit de metaal- en metaalproductensectoren is te zien in Tabel 7.

Tabel 7 Leveringsonderbrekingen in 2020, afkomstig uit de NEVI PMI-publicaties

Categorie	product/materiaal	SBI-2 sector	Juni	Juli	aug	sep	okt	nov
Metaal	Staal	28						
	Mangaanstaal	25						
	Blik	24						
	Bandstaal							
	Chroomstaal							
	RVS							
Producten van Metaal	Ferrietkernen	31						
	Hydraulische componenten uit Italië	29						
	Hydraulische componenten uit Spanje	29						
	Gietijzeren producten	29						
	aluminium sliutingen							
	kogelkranen							
Elektrotechniek Electronica	Beeldschermen	29						
	PCB	31						
	Weerstand	31						
	Electrisch schakelmateriaal	29						
	ICT materialen	15						
	Touch screens	29						
	computers	31						
	electronische componenten	30						
	vacuumpompen	29						
	Ventilatoren	29						

Een trendmatige analyse van dergelijke leveringsproblemen op basis van maandelijkse surveys langs 400 bedrijven zou een relevante en operationele indicator kunnen bieden voor bedrijven en beleidsmakers.

4 Kritikaliteit van grondstoffen voor batterijen, windturbines en electrolyzers: analyse van case-studies

In eerdere hoofdstukken is -bij wijze van case study- ingezoomd op de kritikaliteit van de metalen nikkel, platina, kobalt en koper als belangrijke bestanddelen van batterijen, windturbine en electrolyzers. In dit hoofdstuk brengen we deze informatie samen en wordt ingegaan op de product-specifieke consequenties van de mate van grondstofkritikaliteit.

Case study stap 3 – Terugvertaling van grondstofkritikaliteit naar product

Per geselecteerde grondstof wordt de informatie van de diverse kritikaliteitsindicatoren samengevat om vervolgens in te kunnen gaan op de product-specifieke consequenties.

Kobalt in NCA batterijen voor electric vehicles (EVs)

Geo-economisch en geopolitiek

- Productie in 2018: 104k/148k ton (70%) from Congo
- Bekende natuurlijke reserves in 2018: 3,6M/7M ton (51%) in Congo
- Companianality: Kobalt heeft een hoog companionality-gehalte en is een bijproduct bij koper- en nikkelwinning.
- Bronlandconcentratie (HHI): De zeer hoge concentratie van productie in Congo steeg licht sinds 2011 (top 10 in 2018).
- Stabiliteit (WGI): Congo is een instabiel (hoog scorend, 0.72) WGI-land wat licht (+3%) instabieler is geworden.
- Exportrestricties: 78% van de kobalt volumestroom is onderhevig aan streng exportbeleid in verband met het tussen 2013 en 2018 geldende exportverbod van Congo. Ook landen met kleinere productieaandelen zijn exportbeleid gaan introduceren. Het feit dat een verbod is afgeschaft maakt het verbod niet irrelevant. Regelmatig is gebleken dat restricties terugkeren. Dit pleit voor het op regelmatige basis monitoren van dit exportbeleid.

End-of-life recycling rate (RR) en Recycling input rate (RIR)

- RIR: In 2020 is 20% van het geconsumeerde kobalt 20% hergebruikt en 80% maagdelijk materiaal.

Prijs en prijsvolatiliteit

- Marktprijs: De prijs per ton is \$30k/t (jan2020). Tussen jan2017-jan2019 sterke stijging naar \$90k/t en daling terug naar \$30k/t. Dit maakt dat de prijs van kobalt over de afgelopen 5 jaar zeer volatiel was.

Analyse:

- In een 100kWh NCA EV batterij wordt 5 kg kobalt (1.1% van het totale gewicht) gebruikt als kathodemateriaal. Een primaire functie in dit type batterij. Het gebruiken van een substituuat (e.g. hoger percentage andere kathodematerialen) verslechtert de prestatie van de batterij.
- De Nederlandse behoefte aan verwerkt kobalt, uitgaande van een groei naar 2 miljoen NCA-batterij EV's in 2030, is 1100 ton per jaar. Dit staat gelijk aan 1.1% van de jaarlijkse kobaltproductie van Congo: het land met een 70% productieaandeel.

- De hoge productieconcentratie (HHI) en de negatieve governance score (WGI) van het land leidt tot een hoge korte-termijn-kritikaliteitscore. Deze score is tussen 2011 en 2018 met 8% toegenomen.
- Tussen 2013 en 2019 gold een exportverbod vanuit Congo. Dit verbod is in 2019 opgeheven. Dit evenement valt buiten het gekozen analyse-jaar van 2018 in dit rapport. Het signaal van de volatiele prijs wees er echter op dat er bijzondere ontwikkelingen plaatsvonden op de wereldwijde kobaltmarkt. In de media en academische literatuur wordt uitgebreid stilgestaan bij de kobaltmarkt²⁷.
- Nederland importeert kobalt als verwerkt metaal in batterijen en niet als ruwe grondstof/erts. Dit betekent dat voor Nederland de handelsrelatie tussen Congo en de NCA batterij-producerende landen, en de daaraan geassocieerde leveringszekerheidsrisico's van groot belang is. Er zijn voor NCA batterijen diverse product-substituten aanwezig. Of een leveringszekerheidsrisico zou kunnen ontstaan voor Nederlandse EV consumenten zal daarom onder meer afhangen van de beschikbaarheid van alternatieve EV batterij-types met minder/geen kobalt in zich, zoals LIP (lithium iron phosphate) en LMO (lithium manganese oxide) batterijen. Uit Figuur 43 blijkt dat vooralsnog een groeiende trend zichtbaar is in het marktaandeel van kobalt-houdende batterijen. In 2019 blijkt 90% van de Europese batterijen kobalt als kathode-materiaal te gebruiken, met een 70% aandeel voor de NMC (lithium nikkel manganese kobalt oxide) batterij. Kobaltschaarste kan leiden tot een productieplafond, met leveringszekerheidsproblemen tot gevolg als de mondiale vraag boven dit productieplafond komt.
- De lange gebruiksperiode van EVs is een reden om zeer beperkt te leunen op een mogelijke toename van secundaire kobaltstromen tot 2030. Daarnaast is het goed mogelijk dat batterijen uit EVs her ingezet kunnen worden waardoor de grondstoffen (nog) niet beschikbaar komen.
- De materiaalkosten van kobalt voor één NCA batterij liggen, op basis van de hoogste en laagste marktprijs 2012-2020, tussen de \$150-475.

Conclusie:

- De mate waarin de Nederlandse elektrificatie-doelstelling van personenvervoer tot 2030 onder druk zou kunnen komen te staan is, gezien de markt op wereldschaal, afhankelijk van het moment waarop EV-gebruik in andere landen op zal schalen. Wanneer de vraag naar kobalt sneller stijgt dan de productie zullen kritikaliteitsindicatoren als signaalwaardes van toenemende risico's kunnen dienen.



Figuur 40 Wereldwijd aandeel batterijtype

²⁷ [Why Have Cobalt Prices Crashed \(internationalbanker.com\)](https://www.internationalbanker.com/why-have-cobalt-prices-crashed/); Campbell, G.A. The cobalt market revisited. *Miner Econ* **33**, 21–28 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13563-019-00173-8>

Koper in NCA batterijen, windturbines en PEM stacks

Geo-economisch en geopolitiek

- Productie in 2018: 20M ton, waarvan 48% uit Chili, Peru of China komt.
- Bekende natuurlijke reserves in 2018: 870M ton bekend, met de inschatting dat er nog eens 3500M ton onontdekte reserves bestaan.
- Companionality: kopererts is geen companion, maar een zogenaamde 'host'
- Bronlandconcentratie (HHI): Relatief lage HHI (1200 in 2018) is 14% gedaald sinds 2011.
- Stabiliteit (WGI): Koperwinning vind plaats in landen met gemiddeld een gemiddelde (0,44) WGI-score. Deze gemiddelde score is sterke toegenomen (+8%). De stijging is niet toe te wijzen aan de top 3 producerende landen.
- Exportrestricties: Sinds 2011 heeft bijna een verdubbeling van exportrestricties plaatsgevonden van 19 naar 34%. Dit houdt verband met het recent strenger geworden exportbeleid van de top 4 koperleverancier: Congo, met een 7% productie in 2018.

End-of-life recycling rate (RR) en Recycling input rate (RIR)

- RIR: In 2020 is 17% van het geconsumeerde koper hergebruikt, waar 50% van het in gebruik zijnde koper hergebruikt zou kunnen worden (EoL-RR 2008).

Prijs en prijsvolatiliteit

- Marktprijs: De prijs is \$6k/t in jan2020. Tussen 2012 en 2019 nam de prijsvolatiliteit eerst 5% af, vervolgens 9% toe en is sindsdien constant gebleven rond de 20% op jaarbasis, wat leidde tot een langzame marktprijsdaling.

Analyse:

- In de drie productgroepen wordt koper gebruikt in variërende hoeveelheden: één NCA batterij bestaat uit 53 kg koper, 10 MW offshore windturbine uit 16 ton koper en in een 1 MW PEM stack is 4,5 kg koper verwerkt.
- De Nederlandse behoefte aan verwerkt koper is, enkel voor de drie gekozen producten in de beschreven casuïstiek, 12100 ton per jaar. 88% hiervan is nodig voor de NCA batterijen in het elektrisch personenvervoer. Dit staat gelijk aan 0,1% van de wereldwijde koperproductie in 2018.
- De korte-termijn-kritikaliteitscore is, ondanks een sterke daling van de HHI productieconcentratie-score, licht toegenomen door de negatieve ontwikkelingen van de WGI en export restricties.
- Tussen 2013 en 2019 gold een exportverbod vanuit Congo. Dit verbod is in 2019 opgeheven. Dit evenement valt buiten het gekozen analyse-jaar van 2018 in dit rapport. In de marktprijs en prijsvolatiliteit is geen opvallende stijging of daling te zien in deze periode.
- De materiaalkosten van koper voor één NCA batterij liggen, op basis van de hoogste en laagste marktprijs 2012-2020, tussen de \$210-420. In de PEM zit slechts \$18-36 aan koper verwerkt. Voor een offshore windturbine liggen deze substantieel hoger gezien de grote volumes koper die gebruikt worden: \$66000-132000.

Conclusie:

- Het gebruik van koper in de genoemde applicaties voor Nederland en de huidige situatie van mondiale grondstofproductie leidt niet tot zorgen omtrent de leveringszekerheid van koper aan de batterij, windturbine en electrolyzer stack producenten.

Nikkel in NCA batterijen en windturbines

Geo-economisch en geopolitiek

- Productie in 2018: 2.7M ton, waarvan 55% uit Indonesië, de Filipijnen of Rusland komt.
- Bekende natuurlijke reserves in 2018: 89M ton bekend, voornamelijk in Indonesië (21M), Australië (20M) en Brazilië (11M). Naar verwachting is 138M ton Nikkel op land winbaar.
- Companionality: Nikkel is geen companion, maar een zogenaamde 'host'
- Bronlandconcentratie (HHI): Relatief lage HHI (1100 in 2018). Substantieel (-800, 42%) gedaald sinds 2011.
- Stabiliteit (WGI): Nikkelwinning vind plaats in landen met gemiddeld een gemiddelde (0,49) WGI-score. Deze score is nagenoeg constant gebleven tussen 2011 en 2018. Met een WGI van 0,18 en een productieaandeel van 7% een leveringsrisico-arme nikkelleverancier.
- Exportrestricties: Voor 58% van geproduceerde nikkel geldt een vorm van exportbeleid. Een grote toename van +33% sinds 2011. De toename is te herleiden naar het veranderde exportbeleid van de grootste nikkelproducent Indonesië.

End-of-life recycling rate (RR) en Recycling input rate (RIR)

- RIR: In 2020 is 17% van het geconsumeerde nikkel hergebruikt. En 2011 cijfers laten zien dat 60% van het in gebruik zijnde nikkel hergebruikt potentieel zou kunnen worden (RR)

Prijs en prijsvolatiliteit

- Marktprijs: De prijs is \$12k/t in jan2020. Tussen jan2011 en jan2016 nam de nikkelprijs af van \$32k/t naar \$10k/t, waarna de prijs redelijk constant bleef.

Analyse:

- In de drie productgroepen wordt nikkel vooral gebruikt in de NCA batterij en als onderdeel van staallegeringen voor offshore windturbine toepassingen. Een NCA batterij bestaat uit 15 kg nikkel en in een 10 MW offshore windturbine zit 1,5 ton nikkel verwerkt.
- De Nederlandse behoefte aan verwerkt nikkel in EVs en offshore WTG tussen 2020 en 2030 is 3230 ton per jaar. 95% hiervan zou nodig zijn voor de NCA batterijen in het elektrisch personenvervoer. Dit staat gelijk aan 0,1% van de wereldwijde nikkelproductie in 2018.
- De korte-termijn-kritikaliteitscore Crit_KT is netto licht gedaald. De sterke daling van de HHI productieconcentratie-score is teniet gedaan door de stijging in export restricties.
- De materiaalkosten van nikkel voor één NCA batterij liggen, op basis van de hoogste en laagste marktprijs 2012-2020, tussen de \$140-490. In de windturbine zit \$13600-48500 aan nikkel verwerkt.

Conclusie:

- De gestelde grote toename van het gebruik van NCA batterijen in EVs door Nederlandse consumenten en de huidige situatie van mondiale nikkelproductie leiden niet tot zorgen omtrent de leveringszekerheid van nikkel aan de batterijleverancier. Ook de mate waarin nikkel benodigd gaat zijn in de offshore windturbines geeft geen reden tot zorgen.

Platina in PEM stacks:**Geo-economisch en geopolitiek**

- Productie in 2018: Productie in 2018: 190 ton, waarvan 72% uit Zuid-Afrika en 11% uit Rusland komt.
- Bekende natuurlijke reserves in 2018: De reserves in Zuid-Afrika zijn dominant en voldoende om de huidige vraag voor honderden jaren te voldoen
- Companionality: platina is de hoofdcomponent van de zogenaamde platinagroep-metalen (PGM)
- Bronlandconcentratie (HHI): De concentratie van platina is hoog gegeven de dominante positie van Zuid-Afrika. De HHI score is constant in de afgelopen jaren rond de 5300.
- Stabiliteit (WGI): De stabiliteit van de HHI gewogen is ook constant in navolging van de HHI score zelf. Zuid-Afrika heeft een licht gestegen WGI-score heeft van 0.47
- Exportrestricties: Geen noemenswaardige restricties voor voorname bronlanden.

End-of-life recycling rate (RR) en Recycling input rate (RIR)

- RIR: Deze waarden liggen beide net boven de 20%, met een belangrijke bijdrage van in Antwerpen gelegen bedrijf Umicore.

Prijs en prijsvolatiliteit

- Marktprijs: de marktprijs van platina voor toepassingen in coatings en katalysatoren volgt de algemene trend. De volatiliteit voor niet-industriële toepassingen zoals juwelen ligt hoger.

Analyse:

- Platina wordt enkel in de electrolyser stacks gebruikt als katalysator. In een offshore windturbine en de gekozen EV batterij wordt platina niet gebruikt. Platina kent diverse andere toepassingsgebieden (e.g. industriële toepassingen, sieraden).
- Door de minimale hoeveelheden platina per MW stack komt de cumulatieve vraag tot 2030 op 30 kilogram uit.
- De materiaalkosten van platina voor één 1 MW PEM stack ligt, op basis van de hoogste en laagste marktprijs 2012-2020, tussen de \$0,05-0,16.
- Platina staat in de top 4 plek in de korte termijn kritikaliteitlijst, en is een hoge stijger (top 11 stijger) sinds 2011. Dit maakt van platina een korte-termijn kritisch materiaal.

Conclusie:

- De lichte afname van de rol van platina voor industriële toepassingen gericht op fossiele brandstoffen heeft de zeer bescheiden toename van platina toepassingen in PEM stacks ruimschoots gecompenseerd.
- De zeer sterke groei van waterstof elektrolyse zal de analyse voor de komende tien jaar echter fundamenteel anders maken dan de analyse van de afgelopen tien jaar.

Uit de informatie die hierboven samengebracht is blijkt dat er per producttype grondstoffen gebruikt worden die in meer of mindere mate van belang zijn voor het succesvol presteren van het product. En dat het per grondstof mogelijk is om inzicht te krijgen in diverse kritikaliteitsindicatoren. Vervolgens blijkt het mogelijk om voorzichtige conclusies te trekken met betrekking tot de leveringszekerheid van de beschouwde grondstoffen, en daarmee de producten. Tabel 8 geeft een ruwe indicatie van de mate waarin leveringszekerheidsrisico's van de grondstoffen zich door vertalen naar de operationele (leveringszekerheids)risico's van de producten.

	Koper	Nikkel	Kobalt	Platina
100kWh EV NCA batterij:	Risico-arm	Risico-arm	Risico-vol	N/A
10 MW offshore windturbines:	Risico-arm	Risico-arm	N/A	N/A
1MW PEM stacks:	Risico-arm	N/A	N/A	Risico-vol

Tabel 8 Grondstofkritikaliteit vertaald naar productleveringsrisico's (risicovol of risico-arm) van NCA batterijen, offshore windturbines en PEM electrolyzers

Voor het mitigeren van leveringszekerheidsrisico's bestaan verschillende mitigatiestrategieën (zie Tabel 9 in paragraaf 6.5). Voor de maakindustrie is leveringszekerheid van grondstoffen van belang om de eigen productleveringszekerheid te kunnen garanderen. Daardoor zijn risicomitigatiestrategieën te relateren aan zowel de aan **korte termijn strategische inkoopstrategieën** (zoals het zoeken naar leveranciers, het hedgen van feedstock in- en verkoop en het aanleggen van voorraden), en aan **fundamentele ontwerpkeuzes** die leiden tot òf minder gebruik van materialen, òf het vervangen van materialen met een hoog risicoprofiel door andere materialen.

Op deze laatste strategie, die vooral bekend staat onder de term substitutie, gaan we hieronder kort in voor de drie product casussen. Substitutie van een materiaal kan als strategie ook om andere redenen gevolgd worden, waaronder kostprijsreductie, prestatieoptimalisatie en ecologische impactreductie. In dit voorbeeld gaan we enkel uit van het substitueren om leveringszekerheidsrisico's te mitigeren.

Substitueerbaarheid

KOBALT

In het algemeen kan, afhankelijk van de toepassing, het vervangen van kobalt leiden tot een verminderde prestatie van het product of tot hogere kosten. Diverse specifieke substituu-topties bestaan per toepassingsgebied van kobalt. Mogelijke vervangers in magneet-toepassingen zijn onder meer barium- of strontiumferrietten, neodymium-ijzer-boor of nikkel-ijzer legeringen

Twee eigenschappen van kobalt maken het ideaal voor batterijtoepassingen: de thermische stabiliteit (leidend tot veilige batterijen) en de hoge energiedichtheid (leidend tot efficiënte batterijen). Het gebruik van kobalt in EV batterijen zal daarom eerder verminderd dan geëlimineerd worden.

KOPER

De zeer goede stroomgeleidingseigenschappen van koper maakt het een voorkeursmetaal. Echter zijn er diverse substituten mogelijk: Aluminium is een koper substituu voor toepassingen in auto-radiatoren, koel- en vriesbuizen, elektrische equipment en stroomkabels. Titanium en staal zijn substituten in warmtewisselaars.

Afhankelijk van de precieze functie en prestatieeisen is koper substitueerbaar in de batterij, windturbine en electrolyzer.

PLATINA

In diverse toepassingen kan Platina gesubstitueerd worden door andere Platina-groep metalen zoals Palladium, wat vaak efficiëntieverliezen tot gevolg heeft. In specifieke toepassingen kan Platinum tot 50% gesubstitueerd worden. Omdat dit alleen leidt tot toepassing van materialen die de facto krtieker zijn dan platina zelf (het zijn immers allemaal bijproducten van platinawinning) is substitutie door andere metalen uit de groep PGM geen zinvolle mitigatie-optie.

NIKKEL

Nikkel draagt bij aan de roestvastheid van metalen en het reduceren van de magnetiseerbaarheid. Titaniumlegeringen kunnen nikkelmetaal of legeringen op nikkelbasis in corrosieve chemicaliën vervangen. In de energie- en petrochemische industrie kan speciaal nikkelvrij staal (ultra-hoog chroom-, laag-nikkel- of duplex RVS) gebruikt worden.

Titaniumlegeringen of nikkelvrij staal zou in theorie mogelijk een substituu voor nikkellegeringen van offshore windturbines kunnen zijn. Echter zal het om dusdanig grote hoeveelheden gaan dat nikkel hoogstwaarschijnlijk de (economische) voorkeur blijft genieten.

Als substituu voor de nikkel-hydride batterijen wordt naar productsubstitutie (Lithium-ion batterijontwerp) in plaats van materiaalsubstitutie gekeken.

Case study stap 3 – Reflectie op indicator relevantie

In onderstaand overzicht wordt een reflectie gegeven op de relevantie van de geselecteerde indicatoren voor de drie gekozen producten en de doorvertaling naar operationele leveringszekerheids-risicomitigatie strategieën.

Reflectie op kritikaliteitsindicatoren voor Kobalt, Platinum, Koper en Nikkel**KOBALT**

Door de analyse van de marktprijs historie viel op dat er een verklaring moest zijn voor de tijdelijke prijsstijging. De grootste andersoortige verandering tussen 2011 en 2018 was het ingevoerde exportverbod van Congo. Dit kan de stijging verklaren. De daling bleek eveneens mogelijk te relateren aan exportbeleid: congo schaft namelijk in 2019 het verbod af. Uit de analyse van kritikaliteitsindicatoren komt naar voren dat het meerjarige tijdsinterval beperkend kan zijn voor het accuraat vaststellen van verbanden tussen importrestricties en marktprijsveranderingen.

PLATINA:

De belangrijkste kritikaliteitsindicatoren voor platina geven aan dat het materiaal onderhevig is aan een duidelijke, maar tevens zeer constante kritikaliteit. De prijzen, productie en herkomst van PGM in het algemeen zijn zeer constant gebleken in de tijd. De stabiliteit van bronland Zuid-Afrika is toegenomen en drukt daarmee de kritikaliteitscores ook in enige mate de gunstige kant op.

KOPER

Tijdens de analyse van de kritikaliteitsindicatoren van koper valt de aan de exportrestrictieverandering te wijden stijging van de samengestelde Crit_KT indicator op. Koper (en nikkel) zijn de host-metalen van kobalt. In hoeverre de toename van koperkritikaliteit een directe relatie heeft met de kobalt-gerelateerde ontwikkelingen in Congo, of vice versa, is lastig te zeggen op basis van de huidige indicatoren.

NIKKEL

Uit de indicatoren komt naar voren dat het grote productieaandeel van Indonesië en het veranderde exportbeleid tot hogere leveringszekerheidsrisico's kan leiden.

Reflecterend op de case study van drie producten en vier materialen komen twee algemene inzichten naar voren: (1) De noodzaak van het overzichtelijk beheren van grote hoeveelheden complementaire informatie, en (2) de meerwaarde van informatiecomplementariteit in tegenstelling tot geaggregeerde indicatoren.

- (1) Uit de kritikaliteitsindicatoren-analyse blijkt de meerwaarde van het samenbrengen van de uiteenlopende informatietypes tot een samengesteld beeld van de mate van kritikaliteit van een grondstof. De beschikbaarheid van complementaire informatie geeft de mogelijkheid om verbanden te identificeren. En tevens kan er naar verklaringen gezocht worden voor ontwikkelingen in de mate van kritikaliteit, en daarmee het verklaren van historische leveringszekerheidsrisico's en mogelijk het voorspellen van toekomstige risico's. Randvoorwaardelijk voor het uitvoeren van zulke analyses is het toegang hebben tot informatiesets die goed op elkaar aansluiten, zowel in informatietype als in detailniveau, en met de wenselijke mate van databeschikbaarheid en betrouwbaarheid. Het centraal beheren van informatie maakt het uitvoeren van analyses mogelijk.
- (2) Waar het voor praktische gebruik verleidelijk kan zijn om een veelvoud aan indicatoren samen te voegen tot één geaggregeerde indicator gaat veel waardevolle informatie verloren tijdens de aggregatie. Het samenbrengen van vier indicatoren in de korte-termijn-kritikaliteitsindicator Crit_KT leidt ertoe dat enkel de veranderingen in deze vier indicatoren terug te zien kunnen zijn in de stijging of daling van deze samengestelde indicator. Uit de case study blijkt dat tegengestelde veranderingen plaats vinden, waardoor de geaggregeerde indicator netto onveranderd kan blijven. Tijdens het operationaliseren van kritikaliteit en leveringszekerheid zal de behoefte aan praktische en besluitvormings-gerichte informatie toenemen.

De US National Science and Technology Council laat zien²⁸ hoe de geaggregeerde indicator *Criticality potential (C)* samengesteld is uit *Supply risk (R)*, *production growth (G)* en *market dynamics (M)*. Dit rapport bevestigt het belang van transparante communicatie over de ontwikkeling van alle individuele indicatoren en de wijze waarop één geaggregeerde indicator samen is gesteld.

Het ontwikkelen van samengestelde indicatoren waarmee aangesloten wordt bij de verschillende abstractieniveaus van besluitvorming en risicobeheersing (zie paragraaf 6.5) zal in de toekomst aandacht vragen. Praktisch bruikbare indicatoren per beslisniveau zijn van essentieel belang voor het adopteren van grondstofkritikaliteits-denken in het mitigeren van leveringszekerheidsrisico's.

²⁸ (1) U.S. National Science and Technology Council (2016) Assessment of critical minerals: screening methodology and initial application. U.S. Office of Science and Technology Policy, Executive Office of the President, Washington

5 Review van de gehanteerde kritikaliteitsindicatoren

De indicatoren die in de vorige hoofdstukken de revue zijn gepasseerd verschillen sterk qua karakter (mate van detail, regelmaat en aard van updates, mate van variatie in de tijd, mate van invloed vanuit Nederland) en dus ook in de wijze waarop ze een rol zouden kunnen spelen bij verdere operationalisatie van het begrip kritikaliteit en bij het opzetten van adequaat risicomanagement op verschillende aggregatieniveaus.

We zullen in dit hoofdstuk enkele karakteristieken van eerder besproken indicatoren en de gevolgen ervan voor operationalisatie bespreken.

5.1 Companionality

Gegevens op het gebied van recycleerbaarheid en 'companionality' (de mate waarin een grondstof wordt gewonnen als bijproduct van een ander materiaal) zijn gebaseerd op enkele onderzoeken die geen regelmatige update krijgen. Dit geldt in zekere mate ook voor de milieufootprint van grondstoffen.

Companionality is uitgewerkt door de groep van Graedel in Yale²⁹ en krijgt geen publieke update. Waarschijnlijk is dat ook niet erg relevant, want het gaat hierbij om geologische eigenschappen die niet variabel zijn. De statische 'indicator' companionality moet worden ingezet als waarschuwingssignaal voor supply chains waarin dergelijke materialen een cruciale rol spelen. Als dat zo kan het relevant zijn te toetsen of de maximum-capaciteit van deze bijwinning al benut wordt of dat juist relatief snelle opschaling mogelijk is door het opzetten van industriële processen voor de extractie van deze 'companions'.

Een hiervan afgeleide indicator zou kunnen worden opgezet, waarvoor de productieverandering van companions wordt gerelateerd aan de productieverandering van het 'host'-materiaal. Indien deze verhouding verandert, is dit een signaal voor mogelijke 'uitputting' van de companion op termijn. Waar companionality een statisch fenomeen is, zou deze verhouding companion/host op jaarlijkse basis afgeleid kunnen worden op basis van informatie van geologische diensten. Als gevolg van soms relatief sterk veranderende marktomstandigheden (bijvoorbeeld: sterke toename batterijen t.b.v. elektrische mobiliteit of toepassing van PV) zou deze verhouding in een periode van 1-5 jaar kunnen fluctueren.

5.2 Recycleerbaarheid

Recycleerbaarheid is zo mogelijk ingewikkelder. In verschillende publicaties wordt teruggegrepen op een overzichtsrapport dat UNEP heeft gepubliceerd in 2011³⁰, waarin voor een groot aantal materialen een bandbreedte is gesuggereerd voor de mate van recycling en voor de zogeheten Recycling Input Rate (RIR). Gegevens op dit gebied zijn slecht gedocumenteerd in het publieke domein, terwijl -anders dan bij het begrip companionality- wel degelijk veranderingen plaats kunnen vinden m.b.t. aard, hoeveelheid en herkomst van gerecycleerde stromen. Kennis over meer

²⁹ By-product metals are technologically essential but have problematic supply, N. T. Nassar, T. E. Graedel, E. M. Harper, *Sci. Adv.* 2015;1:e1400180, 3 April 2015

³⁰ UNEP-rapport Recycling rates of Metals uit 2011 kwam tot stand onder redactie van het International Resource Panel; lead author: T.E. Graedel

'lokale' grondstofstromen uit recycling kunnen van strategische betekenis zijn voor risicoanalyses van bijvoorbeeld inkopende partijen. Een recycler kan gezien worden als een meer lokale bron van grondstoffen en daarmee een strategisch voordeel bezitten. Tegelijk bestaan internationale handelsstromen rond bepaalde materialen (denk aan aluminium en staallegeringen), die als gevolg van lokale marktomstandigheden of regelgeving snel kunnen veranderen. Om in deze data-lacune te voorzien zou overwogen moeten worden om gebruik te maken van gedetailleerde rapporten van commerciële dienstverleners. Hoe dat ingezet zou kunnen worden voor monitoring op nationaal niveau is dan een onderwerp van discussie.

5.3 Ecologische voetafdruk van grondstoffen

Milieu-impact van de winning van grondstoffen is in eerdere rapporten van TNO gebaseerd op gegevens uit de EcolInvent database. Alhoewel deze breed geaccepteerd is als database t.b.v. life-cycle analyses, worden gegevens niet regelmatig geüpdatet, is de input ook afhankelijk van incidentele bijdragen, en wordt -zeker als het gaat om grondstofwinning- voor slechts weinig grondstoffen een gedetailleerd beeld geschetst van de eventuele invloed van lokale omstandigheden waaronder grondstoffen gewonnen worden. Terwijl juist op dat vlak grote verschillen bestaan. Op dit moment is daarmee milieu-impact van grondstofwinning een statisch gegeven, dat een onderdeel is van bredere overwegingen rond due diligence en maatschappelijk verantwoord ondernemen. Onwetendheid op dit vlak kan in ieder geval leiden tot een negatieve impact op bedrijfsreputatie. Kennis omtrent de ecologische voetafdruk van grondstoffen moet daarom een onderdeel vormen van een risico-inschatting m.b.t. producten die de bewuste grondstoffen bevatten, of van de inschatting van de gevolgen van de zoektocht naar substituten.

5.4 Geologische grondstofreserves en de R/P-verhouding

Gegevens op het gebied van grondstofreserve-ontwikkeling leiden regelmatig tot misvattingen op het gebied van inzicht in schaarste. Bekend voorbeeld daarvan is de terugkerende boodschap dat koper 'over 30 jaar op is'³¹ (in andere woorden: de R/P- oftewel de reserve/productieverhouding is in dat geval 30 jaar). En dat terwijl al decennia van jaar tot jaar de formele voorraadstatistieken worden aangevuld mede op basis van nieuwe vondsten. Exploratie van dergelijke materialen is echter zo kostbaar dat mijnbouwbedrijven niet investeren in het vaststellen van voorraden die veel langer dan 30-40 jaar meegaan.

Verder is de vaststelling van reservevoorraden een politiek beladen thema, hetgeen de gegevensbetrouwbaarheid niet per se ten goede komt.

Een voorbeeld hiervan is de plotselinge toename van de fosfaatvoorraden die Marokko publiceerde in 2010 t.o.v. de jaren daaraan voorafgaand³². Daarmee gaf Marokko een signaal af van het strategisch belang van Marokko in het licht van de

³¹ Zie bijvoorbeeld: "Als ons huidige kopergebruik op deze manier doorzet, is er over 30 jaar weinig meer over."; citaat uit <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/infra/30195/koper-schaarste>; 27 oktober 2020

³² Vergelijk de reservevoorraden die gepubliceerd worden in de Mineral commodity summaries van de USGS (<https://www.usgs.gov/centers/nmic/phosphate-rock-statistics-and-information>) in de jaren 2010 en 2011. De voorraden die Marokko daarin laat zien gaan dan van 5.700 Mton naar 50.000 Mton.

wereldvoedselvoorziening. Er was in dat jaar geen nieuwe vondst gedaan, hooguit een andere grens gesteld met betrekking tot wat op termijn als economisch winbaar wordt geacht.

De R/P-verhouding dient dus omzichtig ingezet te worden. Aan de andere kant is het een indicator die voor veel materialen jaarlijks kan worden opgesteld, en een indicator waarvan een verandering kan duiden op veranderingen in technologie van aanbod of vraag en op politiek ingegeven veranderingen. In beide gevallen is het verstandig op de hoogte te zijn van jaarlijkse verschuivingen in de R/P-verhouding.

5.5 Geopolitieke monopolievorming en de invloed van het bronland: HHI en WGI

De concentratie in bronlanden (HHI) wordt vrijwel algemeen als relevante parameter gezien m.b.t. kritikaliteit. Het geeft in ieder geval goed aan welke afhankelijkheden van bepaalde bronlanden en risico's op monopolievorming er bestaan. De afhankelijkheid van China is een veelgebruikt voorbeeld: het land heeft voor veel grondstoffen meer dan 50% van de bewezen winbare voorraden binnen de landsgrenzen en in toenemende mate neemt China ook een dominante positie in de vervolgstappen (zoals raffinage van de ertsen).

Deze data worden afdoende bijgehouden en jaarlijks gepubliceerd door organisaties als de US Geological Survey (USGS) en de British Geological Survey (BGS). Ook gezien de lange ontwikkelingstijd van mijnbouw is deze jaarlijkse rapportage afdoende.

De impact van het inzetten van deze landenmonopolies als indicator voor leveringszekerheid zou aanzienlijk krachtiger kunnen zijn als het in combinatie met inzicht in meer volatiele aspecten zoals lokale conflicten, milieurampen en politieke ingrepen op het gebied van handelsrestricties wordt ingezet. Deze vorm van detail vereist diepgravender onderzoek, en de mogelijkheden om dergelijk detail operationeel te maken voor belanghebbenden zou in komende jaren onderzocht moeten worden.

Grondstofmonopolies leiden tot kwetsbaarheid m.b.t. leveringszekerheid, en temeer als die monopolies in 'bezit' zijn van overheden die het niet nauw nemen met mensenrechten en in het algemeen niet met internationale afspraken en standaarden en daarmee voor het Westen 'minder betrouwbare' partners zijn. In eerdere rapportages van de EC en van TNO is daarom gebruik gemaakt van indicatoren als de World Governance Index WGI en de Human Development Index HDI om extra diepgang te verlenen aan het begrip HHI. De analyses uit hoofdstuk 2 laten zien dat ook deze parameter geringe verschuivingen over een periode van enkele jaren laat zien. Daarbij wordt het effect van verschuivingen in de WGI gedempt, omdat we vooral kijken naar het gewogen WGI van alle bronlanden van een grondstof samen.

Vanzelfsprekend veranderen deze indicatoren sterk als ingezet wordt op alternatieve oplossingen voor het gebruik van als kritiek beschouwde materialen. In die zin fungeren deze indicatoren vergelijkbaar als bij de inzet van ecologische voetafdruk, recycleerbaarheid of companionality.

5.6 Prijsvolatiliteit en handelsrestricties

Binnen de eerder in hoofdstuk 1 voorgestelde set indicatoren zijn twee indicatoren die in principe gebaseerd zijn op mogelijk snel veranderende omstandigheden: de prijsvolatiliteit van grondstoffen en de mate waarin bronlanden handelsrestricties hanteren.

De OESO verzamelt gegevens over verschillende vormen van handelsrestricties die bronlanden hanteren voor specifiek benoemde grondstoffen. In paragraaf 2.4 zijn we al we nader ingegaan op deze gegevens met het oog op de analyse van de ontwikkelingen zoals die zich hebben afgespeeld tussen 2012 en 2018. Voor de bestaande analyse zou een jaarlijkse update van de situatie voldoende kunnen zijn: voor een doelgroep als de overheid kan een jaarlijks geüpdate trend van kritikaliteit mede als gevolg van handelsrestricties voldoende zijn om eventueel handels- of buitenlands beleid op te bouwen. Wel kan het relevant zijn om meer differentiatie aan te brengen in de mate waarin bepaalde vormen van handelsrestricties daadwerkelijk leiden tot andere leveringsrisico's of in ieder geval de mate waarin dat door operationele betrokkenen wordt ervaren.

Voor meer operationele actoren (financiële instellingen en -strategische- inkopers) zou een dergelijke jaarlijkse cyclus te traag kunnen zijn om adequaat te opereren. Du moment er immers een restrictie van kracht wordt kan dat gevolgen hebben voor leveranciers, leveringstijden, prijs, etc. Daarnaast zou het ook tot voordeel kunnen strekken voor operationele gebruikers als geanticipeerd kan worden op dergelijke maatregelen. Beleid op het gebied van handelsrestricties komt niet uit de lucht vallen en is mogelijk gebaseerd op signalen uit de publieke opinie en politiek. Voor meer actuele en dus operationele informatie m.b.t. leveringszekerheid zou die 'intelligence' zeer behulpzaam kunnen zijn, alhoewel het niet per se hoeft te leiden tot een concrete indicator met signaalwaarde.

De prijs van grondstoffen zal voor veel partijen een belangrijke indicator zijn om op te acteren. Zeker als het gaat om inkoopstrategieën of om de inschatting van kostprijs van producten zal de mogelijk van dag tot dag wisselende prijs van grondstoffen en daarvan afgeleide basismaterialen ('first intermediates') een belangrijke rol spelen. Toch hebben tot dusverre prijsontwikkelingen geen rol gespeeld bij het vaststellen van kritikaliteit, noch in Europa noch in Nederland.

In eerdere rapportages heeft TNO de term Maximum Annual Price Increase Index geïntroduceerd als een maat voor de maximaal te verwachten prijsstijging van een grondstof. Zoals de term al impliceert is dit een statische indicator, aangezien een prijsstijging van jaren terug nog steeds die maximale MAPII waarde kan representeren. Het geeft hooguit een toetsing bij gebruikers wat de maximaal te verwachten schade is, afhankelijk van het gehalte van die grondstof en de wijze waarop eventuele kostenstijgingen kunnen worden doorberekend.

Daarentegen kunnen verhalen over kortstondige schaarste al leiden tot prijsspieken die naar verloop van tijd weer afvlakken. Een voorbeeld is de prijsstijging van zeldzame aarden in 2010 en 2011 a.g.v. de zorg die ontstond door de handelsrestricties die China oplegde. Deze door speculatie ingegeven tijdelijke volatiliteit is voor inkopers van groot belang, en geeft in ieder geval aan dat er 'onrust' is op de markten rond dat betreffende materiaal. Bij operationalisatie van

kritikaliteit zal dan ook prijsvolatiliteit (te hanteren met verschillende tijdconstanten) een belangrijkere rol kunnen spelen dan tot nu toe is ingezet.

5.7 Handelsinformatie: de PMI

In hoofdstuk 3 hebben we de PMI geïntroduceerd en we hebben ingezoomd op enkele onderdelen daarvan die verband houden met leveringszekerheid:

- Voorraad ingekocht materiaal
- Hoeveelheid ingekocht materiaal
- Levertijden
- Inkooprij

De PMI is daarmee een indicator die op continue basis wordt bijgehouden en ook juist op maandelijkse basis variaties laat zien. In feite fungeert de indicator als een 'eerste afgeleide' van wat er bij inkoopprocessen plaatsvindt: het focust immers op veranderingen t.o.v. een vorige periode, en niet op absolute getallen op de genoemde facetten.

Tegelijk is de PMI een zeer geaggregeerde indicator die eerder wordt ingezet door beursanalisten en beleidsmakers om de veranderende toestand van de economie te kunnen beoordelen, dan door inkopers die er hun gedrag op afstemmen³³. In die zin is voor de detaillering die we hier beogen de PMI in de huidige toestand amper een operationele indicator te noemen. Dat zou kunnen veranderen als gegevens beschikbaar komen op individueel product-, sector- of materiaalniveau.

5.8 Samenvattend: indicatoren en tijdshorizonten

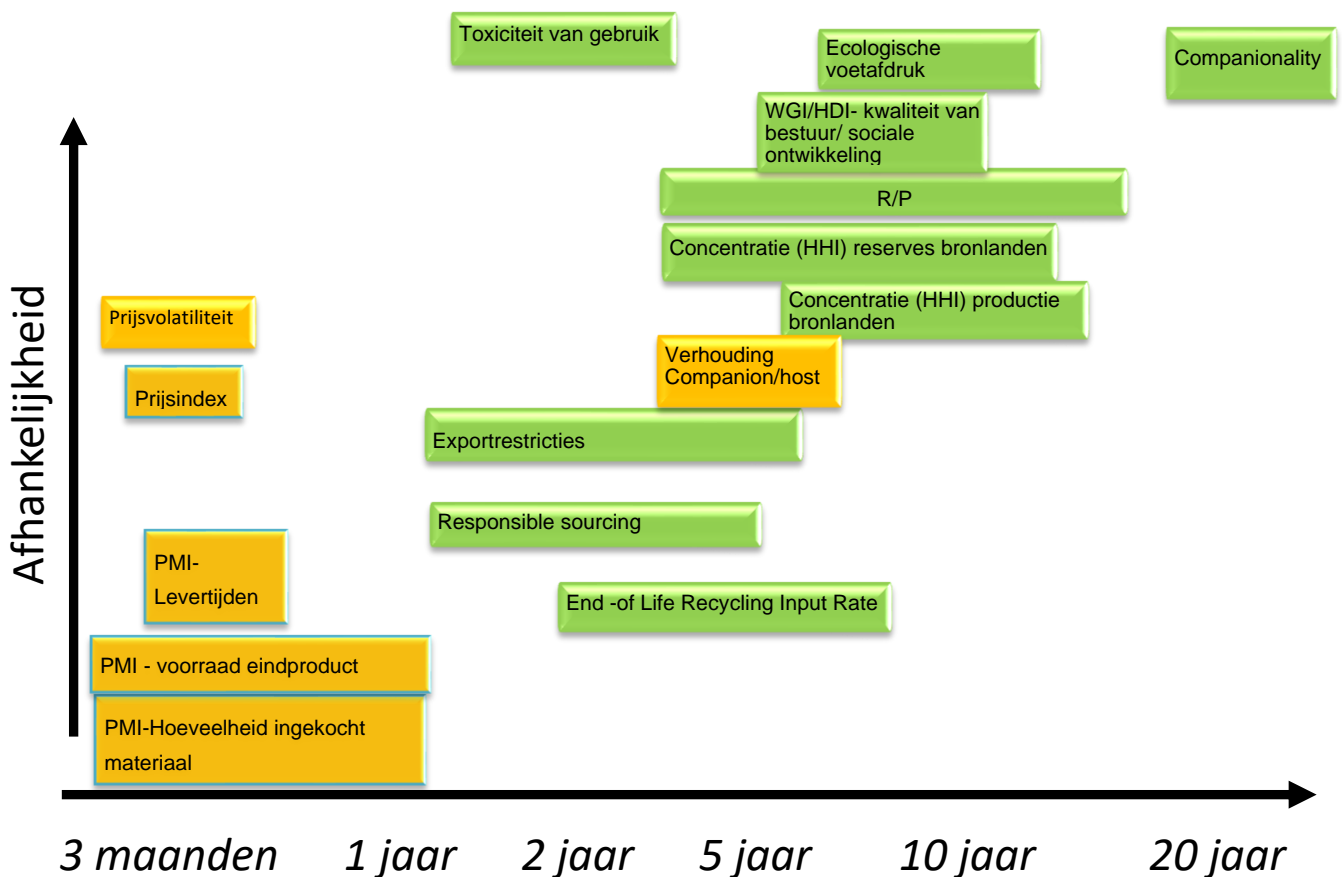
We hebben in dit hoofdstuk een overzicht gegeven van de eerder geïntroduceerde indicatoren en ingezoomd op de mate waarin data t.b.v. deze indicatoren beschikbaar zijn en aan variatie onderhevig zijn. Verder hebben we enkele suggesties gedaan hoe bepaalde indicatoren (companionality, PMI) kunnen worden omgezet in relevante(re) indicatoren voor toekomstige monitoring en risicomanagement.

Op zich geven alle geïntroduceerde indicatoren inzicht in relevante aspecten rond kritikaliteit, die input kunnen vormen voor risico-inschattingen voor individuele supply chains, maar ook voor de economie als geheel. Tegelijk hebben de indicatoren ook een onderling sterk verschillend karakter. Sommige indicatoren zijn eerder statische gegevens die hooguit op zeer lange termijn variëren, maar die wel een indicatie kunnen geven omtrent de kwetsbaarheid van de inzet van een specifieke grondstof. Oftewel: toepassing van een dergelijke indicator is relevant voor een algemene analyse van kwetsbaarheid van een leveringsketen, maar vereist geen frequente update. Andere indicatoren veranderen daarentegen vrijwel continu: een systeem voor frequente update is dan op zijn plaats. Dit geldt o.a. voor verandering van prijzen, instantane hick-ups in de supply chain, bijvoorbeeld door lokale conflicten of natuurrampen.

³³ Op basis gesprekken met medewerkers van NEVI

Wat de breedte aan karakteristieken van deze indicatoren ook laat zien is dat kritikaliteit en leveringszekerheid zich niet laats vangen in één parameter, maar dat een oordeel over de stand van zaken m.b.t. risico's en de ontwikkeling daarin een kwestie is van een integraal beeld over de grondstoffen en -niet te vergeten- de wijze waarop en de mate waarin ze in intermediates en in eindproducten worden ingezet. Om de stap naar operationalisatie te maken is het zaak te erkennen dat risico's slechts met een bepaalde belanghebbende voor ogen kunnen worden ingeschaald: een productiebedrijf dat indirect veel van een grondstof gebruikt en de kosten niet kan doorzetten naar afnemers zal heel anders naar kritikaliteit kijken dan de nationale overheid die wil weten of de economie risico loopt.

Voor een integraal beeld hebben we de indicatoren die we hier behandeld hebben opgenomen in Figuur 41. In deze figuur geven we een eerste beeld van de tijdstermijn waarop relevante verschillen verwacht mogen worden, en een voorzichtige indicatie van de mate waarop actoren in Nederland invloed kunnen hebben op de waarde van de indicator. De oranje velden zijn mogelijke indicatoren die in het rapport zijn gesuggereerd, maar die nog niet in detail zijn uitgewerkt.



Figuur 41 Kritikaliteitsindicatoren ingedeeld naar tijdshorizon en mate van beïnvloeding

6 Hoe operationaliseren beleidsmakers en inkopers kritikaliteit?

6.1 Algemeen: bepaling van risico's van leveringszekerheid voor strategische vragen of dagelijks beleid?

We hebben in eerdere hoofdstukken besproken dat de brede set 'indicatoren' die in Europa en ook in onze eerdere Nederlandse rapportage worden ingezet om kritikaliteit van grondstoffen (en de kwetsbaarheid van de economie als gevolg daarvan) onderling sterk van karakter verschilt. Bepaalde 'indicatoren', zoals de mate van recycling en companionality, zijn in feite eerder een karakteristiek van een grondstof en veranderen daarom niet in de tijd. Andere indicatoren kunnen slechts langzaam van waarde veranderen vanwege de onderliggende dynamiek van de gegevens. Dit gaat op voor bijvoorbeeld de geografische verdeling van voorraden en productie van grondstoffen, maar ook voor de verschuiving van de World Governance Index (en Human Development Index). Een aantal indicatoren fluctueert sterker en geeft daarmee informatie over mogelijk relevante verschuivingen voor beleidsmakers of inkopers (bijvoorbeeld de veranderingen m.b.t. handelsrestricties, prijsinformatie, PMI).

Afhankelijk van het geldende belang van een specifieke partij is elk van deze typologie van parameters inzetbaar. Voor overheden, sectoren, bedrijven en de verschillende rollen binnen bedrijven zullen echter de te gebruiken indicatoren verschillen. Dit leidt ertoe dat er op verschillende niveaus naar de operationalisatie van kritikaliteitsindicatoren gekeken zal moeten worden. In de opvolgende paragrafen wordt besproken hoe andere landen omgaan met deze verschillende operationele niveaus

6.2 Strategische lange termijn-risico's: risicomangement in de EU en US

Voor het agenderen van beleid voor de lange termijn kan het vaststellen van (min of meer statische) karakteristieken van grondstoffen en de impact die leveringsonderbreking van die grondstoffen voor de economie of bedrijfsvoering hebben voldoende zijn.

Voor de EU (DG Grow) is de erkenning dat bepaalde materialen kritiek zijn en dat de beschikbaarheid daarvan van belang is voor het functioneren van de Europese economie een belangrijke uitkomst van de kritikaliteitsanalyses. De publicatie van de kritieke-materialen-lijst zorgt voor expliciete aandacht voor dat dossier en geeft richting en dus budget aan R&D agenda's en draagt bij aan verder bewustwording.

De analyse van eventuele veranderingen in kritikaliteit is niet het primaire doel van deze indicatoren, noch van de 3-jaarlijkse update. De operationalisatie zit grotendeels in het publiceren van de lijst als zodanig. Een bijdrage aan het monitoren van de gevolgen van eventueel beleid wordt er niet mee beoogd.

De Amerikaanse overheid heeft rond 2010 intensief aandacht besteed aan de dominantie van China op het gebied van de winning en verwerking van zeldzame aardmetalen. Dit was vooral ingegeven door het belang van deze grondstof voor

defensie-innovaties zoals de besturing van drones³⁴. Ook in dit geval was de statische karakteristiek van een grondstof voldoende voor het agenderen van de problematiek en het in gang zetten van beleidsacties, zoals de ondersteuning van lokale mijnbouw en het opzetten van een nationaal onderzoekslaboratorium. In diezelfde periode publiceerde het Department of Energy (DoE) rapporten die de kritieke situatie van grondstoffen voor alternatieve energiestrategieën in kaart bracht³⁵, met een outlook voor verandering op dat vlak voor de middellange-termijn. Ook hier waren de expert judgement criteria vooral statisch van aard (monopolievorming, kwaliteit bestuur, beschikbaarheid), maar werd ook gekeken naar de (dynamischer) karakteristiek van concurrentie voor grondstoffen van andere applicaties. Ook hier was de consequentie van het publiceren vooral gericht op het opzetten van, en richting geven aan een R&D-agenda. Een recente publicatie van het DoE over de kwetsbaarheid van waardeketens van windenergie geeft aan hoe de VS leveringszekerheid operationaliseert³⁶.

Wellicht het bekendste voorbeeld van een operationeel management rond kritieke grondstoffen wordt gevormd door de Strategic Stockpile die beheerd wordt door het Amerikaanse Ministerie van Defensie en meer precies de Defense Logistics Agency (DLA) Strategic Materials³⁷. Deze organisatie houdt wereldwijd marktontwikkelingen bij rond grondstoffen die essentieel zijn voor defensie-applicaties (zoals germanium voor satelliet-zonnecellen en beryllium voor pantsermateriaal in vliegend materieel), zoals prijsontwikkelingen maar ook en vooral kwetsbaarheden in de supply chain. Bij geconstateerd gebrek aan diversificatie van producenten kunnen binnenlandse producenten ondersteund worden en worden grondstoffen of belangrijke componenten in voorraad genomen. Elk jaar vindt rapportage plaats over de verschuivingen in de voorraad en worden plannen voor het daaropvolgende jaar bekendgemaakt.

Ook voor de industrie kan het gebruik van de statische kritikaliteitsparameters worden ingezet voor een risicoanalyse voor innovaties. Een bekend voorbeeld is het geval van rhenium (Re), een materiaal dat essentieel is voor turbinebladen in de luchtvaart³⁸. Het materiaal is slechts in kleine hoeveelheden beschikbaar, in slechts een beperkt aantal mijnen en is bovendien een bijproduct van molybdeen-winning (en dat is een bijproduct van koperwinning). Het inzicht dat rhenium daarom kritiek is heeft producenten aangezet tot recycling, procesverbetering en de zoektocht naar substituten. Ook hier was het monitoren van het verloop van de genoemde parameters niet relevant. Inzicht in de karakteristiek en statische risico's verbonden aan de inzet van rhenium was voldoende voor de ingezette acties.

Samenvattend kunnen we stellen dat het vaststellen van relevante karakteristieken voor een breed scala aan grondstoffen (dus niet alleen mineralen en metalen, maar ook biotische grondstoffen) uiterst relevant is voor overheden en bedrijven bij het vaststellen van risico's voor een economie of grondstofgebruik bij een specifieke

³⁴ Zie bijvoorbeeld: Rare Earth Elements in National Defense: Background, Oversight Issues, and Options for Congress, by Valerie Bailey Grasso (Congressional Research Service), August 5, 2011

³⁵ Critical Materials Strategy, US Department of Energy, December 2011

³⁶ [U.S. Wind Energy Manufacturing & Supply Chain: A Competitiveness Analysis | Department of Energy](#)

³⁷ <https://www.dla.mil/HQ/Acquisition/StrategicMaterials/Offers/>

³⁸ Bijdrage van Anthony Ku (China Energy) and Kotaro Shimizu (Mitsubishi Research) aan de IRTC Business rondetafelconferentie van 19 mei 2020.

voorgenomen innovatie of andere vraagstukken voor de lange termijn. Dat de meeste onderliggende parameters voor die risico-inschatting statisch zijn doet dan niet ter zake. Met als uitzondering een aantal dynamischer parameters die in de volgende paragraaf worden besproken is een frequente update van de onderliggende data niet urgent. Voor dit gebruik is het essentieel een goed inzicht te hebben in de samenstelling van finale producten en de mate waarin grondstoffen een al dan niet essentiële functie vervullen in dat product. Deze zoektocht naar samenstellingsgegevens is al lang gaande en kan mogelijk in de komende jaren door het introduceren van materiaalpaspoorten een vlucht nemen.

Overigens zijn veel gegevens die aan deze risico-inschatting ten grondslag liggen niet geschikt om de consequenties van beleid te monitoren: gegevens omtrent monopolyvorming en kwaliteit van governance zijn bijvoorbeeld exogene parameters die niet beïnvloed worden door (bijvoorbeeld) beleidsvorming rond circulariteit (dit wordt overigens uitgedrukt door de positie van indicatoren in Figuur 41).

6.3 Management van korte-termijn-risico's: risicomangement door bedrijven en overheidsondersteuning in Duitsland

Voor een meer actief beleid rond economische zekerheid op bedrijfs- of landen-niveau (bijvoorbeeld rond buitenlands beleid en grondstoffendiplomatie) voldoen statische en langzaam veranderende indicatoren niet altijd. En voor bedrijven geldt dat vanzelfsprekend nog veel meer. Actueler inzicht in grondstoffenmarkten, prijsvorming, leveringszekerheid en handelsrestricties is dan nodig. Bij voorkeur worden signalen opgepakt die bij kunnen dragen aan het anticiperen op mogelijke issues m.b.t. economische schade a.g.v. leveringonzekerheid. Voorbereidingen van regelgeving, of langzaam groeiende spanningen in mijnbouwgebieden kunnen een voorbode zijn van issues op het gebied van leveringszekerheid en prijschommelingen. Dat geldt ook voor strategische inkoop in het bedrijfsleven: anticiperen op mogelijke leveringszekerheidsproblemen is dan aan de orde.

Veranderingen in prijsstelling worden door stakeholders gezien als belangrijke signalen om in actie te komen. Tijdens de IRTC-Business workshop 'Identifying risks in industry supply chains'³⁹ heet het: *"Price risks are generally considered to be relevant (with the exception of national security), especially when they affect material that is comparatively expensive for a company or when prices become too low to continue supplying operations"*. Deelnemers stellen ook dat *"the starting point to assess economic risks are usually fluctuating prices of metals"*. Per bedrijf zal daarom een signaalwaarde bestaan die afhangt van het aandeel van de prijs van een bepaalde component of materiaal t.o.v. het geheel. Wanneer dat prijsniveau of een acceptabele prijsvolatiliteit wordt overstegen nemen bedrijven in ieder geval inkoopacties (hedging, andere suppliers zoeken, voorraden aanleggen bij acceptabel prijsniveau), en in bepaalde gevallen meer geavanceerde acties zoals het verminderen van de afhankelijkheid of het aandeel van de betreffende component.

³⁹ IRTC is de International Round Table on Criticality: <https://irtc.info/>. Deze Round table wordt gefaciliteerd door de EIT Raw Materials en verenigt een wereldwijde groep experts op het gebied van kritikaliteit van (met name) metalen. TNO maakt hiervan deel uit. Op 19 mei 2020 werd een rondetafel gehouden met als titel Identifying Risks in Industry Supply Chains. Het verslag hiervan is te vinden op: <https://irtc.info/irtc-business-workshop/>

Een organisatie die zich toelegt op het dynamisch informeren van het bedrijfsleven met grondstofrelevante informatie is DERA, de Deutsche Rohstoffenagentur⁴⁰. De DERA, onderdeel van het Duitse ministerie van Economische Zaken, doet dat voornamelijk ten dienste van het Duitse bedrijfsleven. Om die adequaat te kunnen informeren over risico's op het gebied van grondstoffen is DERA geabonneerd op vele informatiediensten ter waarde van ongeveer 0,5 miljoen EUR/j. De informatie uit deze bronnen landt in de Rosys-website⁴¹, maandelijkse nieuwsbrieven met informatie over prijsontwikkelingen en trends die DERA observeert, en jaarlijkse grondstofrapporten die vervolgens aanleiding zijn voor specifieke grondstof-workshops met de industrie.

DERA ziet dat bedrijven hun specifieke zorgen, vooral in de supply chain hebben, en dat overheden geen eigen signaalwaarden hanteren, maar hun oor zo goed mogelijk bij de industrie te luisteren leggen. Een recente BDI-enquête liet zien dat 60% van respondenten hun voorraad van componenten vergroot, en de discussie is gaande of de overheid bedrijven hierin kan of moet ondersteunen.

De volgende stap die DERA neemt is het in gebruik nemen van de PMI als relevante indicator voor supply chain vraagstukken (zie paragraaf 3.2.1). DERA had eerder al geconstateerd dat er een sterke correlatie bestaat tussen de PMI en het verloop van de koperprijs.

Een nieuwe big-data-ontwikkeling is recent bij DERA geïntroduceerd door aanschaf van de DHL Resilience360 monitor⁴². Hierin worden 150 indicatoren, deels in real time, bijgehouden van mijn tot eindproduct, dus inclusief de supply chain. Het systeem geeft lokale informatie, maar ook bedrijfsinformatie, op het niveau van 14 commodities. De uitdaging is om van deze potentiële overload aan informatie de relevante data voor het informeren van de industrie uit te filteren. Onderzoek vindt nog plaats om op basis van historische tijdlijnen correlaties met prijzen en leveringsonderbrekingen te destilleren.

DHL geeft zelf aan dat hun tool risicomanagement ondersteunt. Daarbij is naast de waarschijnlijkheid dat een gebeurtenis plaatsvindt de eventuele detecteerbaarheid daarvan een stevige bijdrage aan dat risico. Daarbij stelt DHL dat gebruik van alle beschikbare data bijdraagt aan inzicht in risico's, inclusief berichten van (sociale) media, klanten en suppliers. De resulterende Supply Chain Risk Exposure Index geeft vervolgens een beeld van de risico's op basis van natuurrampen, socio-politieke aspecten, operationele indices en politiek geweld. Een dergelijke tool beïnvloedt -in een professioneel risicomanagement- de waarschijnlijkheidsverdeling van de mogelijke consequenties van leveringsonderbrekingen. Een verandering van het risicoprofiel leidt vervolgens tot het aanpassen van (de hoogte of de verdeling van) de middelen die nodig zijn om het veranderd risicoprofiel te mitigeren⁴³. Dat veronderstelt natuurlijk wel dat er een supply chain risk management systeem met bijbehorende investeringen en effort is opgezet. Andersom zou gesteld kunnen worden dat **data genereren t.b.v. risicomanagement zinloos is als er geen risicomanagement professioneel is geïmplementeerd.**

⁴⁰ Informatie afkomstig van interview met Peter Buchholz, directeur DERA, afgenomen op 4 december 2020

⁴¹ <https://rosys.dera.bgr.de/mapapps49prev/resources/apps/rosys2/index.html?lang=en>

⁴² <https://www.resilience360.dhl.com/>

⁴³ Interview with Prof. Michael Huth, in *Insight on Risk and Resilience*, published by DHL.

Dat dergelijke gereedschappen op een bedrijfsniveau tot een professioneel risicomangement leiden, leidt geen twijfel. De vraag in de context van dit rapport is of dergelijke bedrijfsspecifieke tools ook ingezet kunnen worden om grotere groepen bedrijven te informeren (zie ook de hierboven aangegeven ambitie van de DERA) en op het niveau van de overheid en het CE-beleid tot actie kunnen aanzetten.

6.4 Operationalisatie van kritikaliteit in Nederland

Het bewustwordingsproces rond kritikaliteit en leveringszekerheid van materialen is in Nederland rond 2010 opgekomen, mede naar aanleiding van de eerste EU-analyses en specifieke handelsconflicten die rond 2010 speelden (en dan met name de rol die China als monopolist van de levering van zeldzame aarden daarin speelde). Dat leidde onder andere tot de Grondstoffennotitie⁴⁴ uit 2011, het aanstellen van een grondstoffengezant bij het Ministerie van Buitenlandse Zaken en het opzetten van het kritikaliteitsonderzoek uit 2015 door TNO en de daarop aansluitende Grondstoffescanner⁴⁵ (GSS), die onder auspiciën van het Ministerie van EZK is uitgevoerd en gefinancierd. Deze GSS verschaft gebruikers de gegevens over ruim 60 abiotische grondstoffen op basis van de indicatoren die in eerder onderzoek zijn ontwikkeld (zie Tabel 1), en biedt de mogelijkheid deze gegevens in verband te brengen met een geclassificeerde set producten en productgroepen, zodat inzicht kan worden verkregen in kritikaliteit op product(groep)niveau.

Vanaf 2016 is het verbeteren van leveringszekerheid formeel onderdeel van het Rijksbreed Programma Circulaire Economie (RPCE). In de in januari 2021 verschenen Integrale CE Rapportage (ICER) is melding gemaakt van het verloop van kritikaliteit conform de methode en met de gegevens die uitgebreid in hoofdstuk 2 aan bod zijn geweest. Naast dit niveau van bewustwording speelt de vraag in hoeverre deze bewustwording bij beleidsmakers tot specifieke zorg of beleid heeft geleid en welke data daartoe aanleiding gaven.

Het CPB⁴⁶ gelooft dat een goed werkend wereldhandelssysteem met een goed functionerende WTO essentieel is ter voorkoming van economische kwetsbaarheid. En tegelijk dat de kracht van dergelijke internationale instituties afneemt. De corona-crisis maakt verder ook duidelijk dat leveringsketens erg dun en kwetsbaar zijn geworden. Als gevolg daarvan zou voorraadvorming relevanter kunnen worden, met de economische consequenties van dien. Het toont ook aan dat niet alleen de prijs maar ook de robuustheid van de leveringsketen relevant zou moeten zijn bij het inkoopproces. Het CPB kan zich daarbij voorstellen dat de rol van de overheid zit in de informatievoorziening, in het bijzonder voor kleinere bedrijven. Tegelijk wordt geconstateerd dat de overheid een dergelijk risico-analyse-systeem nog niet heeft en dat de kans bestaat op paniekaankopen en interventies in tijden van acute

⁴⁴ Grondstoffenvoorzieningszekerheid, BRIEF VAN DE MINISTERS VAN BUITENLANDSE ZAKEN EN VAN ECONOMISCHE ZAKEN, LANDBOUW EN INNOVATIE EN DE STAATSSECRETARISSEN VAN INFRASTRUCTUUR EN MILIEU EN VAN BUITENLANDSE ZAKEN, Tweede Kamer, vergaderjaar 2010–2011, 32 852, nr. 1

⁴⁵ <https://www.grondstoffescanner.nl/>

⁴⁶ In het kader van dit project is gesproken met Gerbert Romijn en Gerdien Meijerink

crises. Het CPB gaat zich in 2021 via het opstellen van 'position papers' oriënteren op een mogelijk andere visie op dit vlak.

Deze overwegingen van het CPB doen de vraag rijzen of de robuustheid van een supply chain in indicatoren is te vangen, en of het functioneren van internationale organisaties onderwerp van monitoring zou moeten zijn.

Een belangrijke ontwikkeling bij het Ministerie van EZK is het onderzoek naar het opzetten van een visie omtrent het begrip Strategische Autonomie. Mede ingegeven door de corona-crisis is Europa-breed geconstateerd dat op cruciale thema's overwogen moet worden hoe te streven naar "strategische autonomie met behoud van de open economie". Geconstateerd wordt dat in een aantal recente internationale cases het volgende patroon steeds wordt gevolgd: (1) er is een (economische) afhankelijkheid van een bepaald niet-EU land, (2) dit land maakt hier feitelijk of mogelijk misbruik van voor geopolitieke doeleinden, (3) waardoor we onze publieke belangen minder vrij en effectief kunnen borgen. Eén van de bouwstenen van het op te zetten beleid is "structurele beheersing van kwetsbaarste afhankelijkheden". Dit kan beschouwd als een belangrijke stap op weg naar de vorm van risico management waar de grondstofvraagstukken uit dit rapport ook onder zouden kunnen vallen. Sterker nog, het is van belang eventuele kwetsbaarheden m.b.t. grondstoffen en intermediates op transparante manier te kunnen vergelijken met andersoortige risico's. Het concept-beleidsstuk meldt : *"Afhankelijkheden op het vlak van grondstoffen, energie, financieel en digitaal hebben prioriteit. Daarnaast gaat het om een gewaarborgde economische en technologische positie die ons in de toekomst weerbaar houdt tegen schadelijke geopolitieke invloeden en gedragingen, met onderliggend oog voor de kwetsbaarste afhankelijkheden van grondstoffen."*

Het ministerie heeft daarvoor een stappenplan in voorbereiding dat in hoofdlijnen op de volgende stappen neerkomt:

1. Vaststellen welke producten of diensten het betreft en welke publieke belangen daarmee gediend zijn;
2. Vaststellen van de mate van geopolitieke problematische economische afhankelijkheid; dit hangt af van de volgende criteria
 - a. Economisch van grote of vitale waarde voor productie en levering ;
 - b. Niet (tijdig) vervangbaar door alternatieven met vergelijkbare functie, kwaliteit en prijs;
 - c. Niet snel genoeg met nieuwe productiecapaciteit te vervangen om bij onvoldoende beschikbaarheid ervan grote economische schade te voorkomen;
 - d. Enkel in of via niet-coöperatieve of onberekenbare landen beschikbaar;
3. Vaststellen of het probleem al te verhelpen is met bestaand beleid dat de betreffende afhankelijkheid helpt afbouwen
4. Vaststellen hoe, hoe snel en hoe doelmatig gereageerd kan worden op ongewenste afhankelijkheden, waarbij tal van bestaande beleidsinstrumenten ten dienste staan (zoals diplomatie, handelsbeleid, regelgeving, etc.)
5. Vaststellen van de manier hoe de afhankelijkheid af te bouwen; hier worden onderwerpen als voorraadvorming, het aanleggen van eigen capaciteit en reshoring als mogelijkheden geopperd.

Dergelijke stappen zijn -zoals gezegd- een belangrijke stap op weg naar risicomangement, waarbij logischerwijs de informatie op het gebied van

grondstoffen zoals die in dit rapport wordt besproken gebruikt kan worden. Daarmee zou het begrip kritikaliteit geoperationaliseerd worden op nationaal niveau.

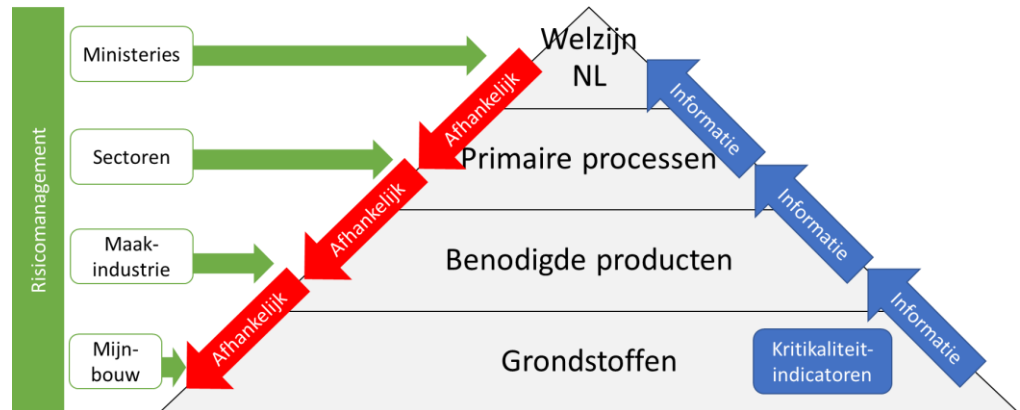
Tegelijk zou een dergelijk operationeel risicomanagement een solide basis bieden voor dat deel van het voorgenomen CE-beleid dat zich richt op het verbeteren van leveringszekerheid (één van de pijlers onder dat beleid). Vanuit een vastgesteld risico kan immers vastgesteld worden wat het handelingsperspectief zou kunnen zijn vanuit CE-beleid, waarna ook de voortgang daarvan gerapporteerd zou kunnen worden als bijdrage van CE aan verbetering van leveringszekerheid en aan strategische autonomie.

6.5 **Concluderend: versterk de link tussen leveringszekerheid van grondstoffen en het welzijn van Nederland**

We moeten concluderen dat tot dusverre leveringszekerheid op ad-hoc basis aandacht heeft gekregen, maar niet structureel en op operationele wijze is ingebed in overheidsbeleid. Het benoemen van leveringszekerheid als één van de doelen in het RPCE en het ontwikkelen van een aanpak omtrent strategische autonomie zijn eerste en belangrijke stappen.

Het achterblijven van dit operationele beleid is deels veroorzaakt door het feit dat de link tussen beschikbaarheid van grondstoffen en welzijn in Nederland diffuus en indirect is en nog niet tot zichtbare crisissituatie heeft geleid. Het verband tussen welzijn en grondstoffen laat zich schetsen door het schema van Figuur 42.

Op het hoogste niveau streven de Nederlandse ministeries het bevorderen van het **welzijn van Nederland** na. Het mag duidelijk zijn dat dit het niveau is met de grootste politieke aandacht. Om dit welzijn te bereiken is het functioneren van **primaire economische processen** noodzakelijk. De mate waarin de sectoren deze processen kunnen laten functioneren is afhankelijk van de **producten** die hiervoor benodigd zijn. Dit kan zowel gelden voor het productie als het gebruik van deze producten. En vervolgens is de maakindustrie welke in deze producten voorziet, afhankelijk van de **grondstoffen** uit de mijnbouwindustrie om de producten te kunnen leveren. Duidelijk wordt hieruit dat er een directe afhankelijkheid van grondstoffen is om het welzijn van Nederland te bereiken en behouden. De afhankelijkheid gaat veel verder dan een bulktransport in de haven. De afhankelijkheid illustreert een piramide die bestaat uit concepten zoals toegevoegde waarde, concurrentiekracht en strategische autonomie.



Figuur 42 De leveringszekerheid-piramide

Op elk van de vier niveaus wordt leveringszekerheid nagestreefd. Effectief risicomanagement draagt bij aan deze leveringszekerheid. Leveringszekerheids-risico's kunnen middels vier generieke strategieën⁴⁷ beheerst worden:

Risicomitigatie strategieën	Toelichting
Vermijden	Verwijderen van de risicobron, stopzetten van de risicovolle activiteit
Overdragen	(Gedeeltelijk) Overdragen van de mogelijke consequenties
Reduceren	Actieve beïnvloeding van de kans of consequentie
Bewuste acceptatie	Bewust nemen, of behouden, van een risico

Tabel 9 Vier generieke risicomitigatie strategieën

Om bewuste risico-mitigatiekeuzes te maken is toegang tot informatie afkomstig uit de onderliggende niveaus van cruciaal belang. De in dit rapport besproken kritikaliteitsindicatoren leveren uiteenlopende informatie vanuit grondstoffen-oogpunt aan. Welke informatie per piramide-niveau van waarde is zal blijken uit de risicomanagement activiteiten van de desbetreffende partijen om 'hun' leveringszekerheid veilig te stellen. De geschetste opzet rond Strategische Autonomie volgt min of meer gelijke logica. De wijze waarop leveringszekerheid wordt bestudeerd in het CE-werkprogramma zou daar bij aan kunnen sluiten.

⁴⁷ ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines, www.iso.org

7 Conclusies en aanbevelingen: de onderzoeksagenda 2021 e.v.

Het uitgangspunt van dit rapport was om een beeld te schetsen van eventuele verschuivingen op het gebied van kritikaliteit van grondstoffen tussen 2012 en 2018 en om in te gaan op de uitdagingen om het begrip kritikaliteit operationeel te maken, oftewel om te zetten in een begrip op basis waarvan beleid gevoerd kan worden. Dit hoofdstuk biedt een overzicht van conclusies en aanbevelingen voor CE-beleid en voor verdere onderzoeksstappen.

7.1 Conclusies en aanbevelingen

Kleine verschuivingen in kritikaliteit voor een aantal grondstoffen is geconstateerd...

De in hoofdstuk 2 gerapporteerde gegevens geven voor elk van de indicatoren die bijdragen aan de geaggregeerde indicator voor korte-termijnkritikaliteit verschuivingen aan tussen 2012 en 2018. In het kort komt dit erop neer dat de situatie met betrekking tot leveringszekerheid is tussen 2012 en 2018 voor enkele materialen enigszins is veranderd. De grootste stijgingen in kritikaliteit tussen 2012 en 2018 zitten bij germanium, alumina, beryllium, magnesium en gallium. De grootste dalers zijn: zeldzame aardmetalen en fluorspar en in mindere mate antimoon, grafiet, vanadium en baryte. De achtergrond van deze verschuivingen ligt deels in het veranderen in de mijnbouw-concentratie, in bepaalde gevallen gepaard gaand met een verandering van de gemiddelde aard van de bronlanden (bepaald door hun WGI) en door verschuivingen op het gebied van handelsrestricties.

... maar tot consequenties voor beleid leidt dit niet.

Wat we echter ook moeten concluderen is dat dergelijke verschuivingen geen antwoord geven op de vraag of Nederland in de afgelopen jaren kwetsbaarder is geworden of niet, en welke beleidsacties (bijvoorbeeld rond CE) aangepast zouden moeten worden. In feite ontbreekt een 'luisterend oor' als het gaat om het ontvangen, interpreteren en gebruiken van deze gegevens. Daarmee biedt ook het rapporteren van dergelijke geaggregeerde gegevens geen directe meerwaarde voor het monitoren of aanpassen van het CE-beleid. Ook voor het bedrijfsleven zijn dergelijke gegevens te geaggregeerd om op te kunnen acteren.

Daarvoor is een solide risicomanagement nodig, gericht op het borgen van brede welvaart...

Voor het daadwerkelijk en beleidsmatig operationaliseren van het begrip 'kritikaliteit' en 'leveringszekerheid' is een ontwikkeling rond het begrip 'strategische autonomie' (zoals geschetst in paragraaf 6.4) uiterst relevant en met name het daarmee verbonden '*stappenplan voor overweging van beleid ter beantwoording van een bepaalde geopolitiek kwetsbare economische afhankelijkheid*'. Een dergelijke ontwikkeling maakt ook duidelijk dat kritikaliteit aan verschillende aspecten van brede welvaart, raakt waaronder concurrentie- en verdienvermogen, broeikasgasemissies, werkgelegenheid, globalisering en responsible sourcing.

.. mede gebaseerd op dynamische(r) indicatoren die inzicht bieden op de kwetsbaarheid van de supply chain van producten...

Als het monitoren van leveringszekerheid ingebed zou zijn in overheidsbeleid zoals hierboven aangegeven, zijn er aanvullingen en verdiepingen nodig m.b.t. de indicatoren zoals die tot nu toe zijn gehanteerd. Anders dan nu het geval is zal daarbij de aandacht voor kwetsbaarheden op productniveau meer aandacht moeten krijgen omdat dit het eerste aangrijpingspunt is voor zowel analyses rond strategische autonomie als voor eventueel mitigerend CE-beleid. Dit geldt overigens ook voor een adequatere informatievoorziening voor het bedrijfsleven, zoals dat met een doorontwikkelde GSS zou kunnen plaatsvinden. Deze aanvullingen betreffen het implementeren van dynamische indicatoren, het verbeteren van inzicht in (bottlenecks in) de supply chain en in het verband tussen grondstoffen en producten en het introduceren van op toekomstige vraag gebaseerde risico-indicatoren. Deze aanvullingen worden in de volgende paragraaf nader toegelicht.

... inzichten die ondersteund kunnen worden door een doorontwikkelde en meer interactieve Grondstoffenscanner.

Inzichten in nieuwe, dynamische en bedrijfsrelevante indicatoren zouden hun weg moeten vinden naar een dynamische Grondstoffenscanner. Die GSS zou onderdeel moeten worden van een meer continu en hoogwaardige informatievoorziening rond grondstoffen voor de Nederlandse economie. Een GSS zou niet alleen informatie moeten verschaffen, maar ook voor en met het bedrijfsleven werken en nieuwe risico's identificeren en op beleidsrelevant niveau brengen.

CE-beleid rond kritikaliteit is gebaat bij het ontwikkelen en hanteren van prestatiedoelen.

Indien een risico-analyse-aanpak zou worden geïmplementeerd, kan de inzet van CE-beleid als mitigatiestrategie van de geconstateerde en geprioriteerde kwetsbaarheden worden beschouwd. Met name als dat beleid zich op naast op grondstofniveau ook op productniveau laat formuleren. Het voert daarmee te ver het monitoren van het CE-beleid op het gebied van leveringszekerheid uit te voeren op basis van effectdoelen: de enorme diversiteit aan grondstoffen en producten maakt een overzichtelijke monitoring uit te stukken in een beperkt aantal indicatoren onmogelijk en irrelevant voor beleidsmakers en bedrijven. Daarentegen kan de voortgang van leveringszekerheid als thema uitstekend worden gemonitord aan de hand van prestatiedoelen, zoals:

- Het tempo waarin risico-gericht beleid zich ontwikkelt;
- Het aantal risico's dat wordt geïdentificeerd als onderwerp van actief beleid;
- De investering in, ontwikkeling en (vooral) gebruik van een instrument als de Grondstoffenscanner door het bedrijfsleven
- Het aantal geregistreerde cases van acute leveringsonderbrekingen.
- Projecten en investeringen (o.a. in het kader van bijvoorbeeld het Uitvoeringsprogramma Circulaire Maakindustrie UPCM) die geïnitieerd zijn op basis van deze risico's.
- Toename van kennis over ketens en materiaalgebruik daarin.

7.2 De onderzoeksagenda 2021 en verder

7.2.1 *Bijdrage aan ontwikkeling van risicoanalyses zoals in het kader van Strategische Autonomie voorgesteld*

We hebben geconstateerd dat gegevens over grondstoffen en met name kwetsbare ketens ingebed moet zijn in een systeem van risicoanalyse vanuit het oogpunt van toekomstbestendige brede welvaart. Een dergelijke ontwikkeling wordt nu ingezet onder de noemer Strategische Autonomie, een thema dat is opgekomen in de nasleep van de leveringsonderbrekingen in de begindagen van de corona-crisis. Om het werk in dit rapport (en eerder verschenen rapporten) meer impact te verlenen zou het aanbeveling verdienen bij te dragen aan de ontwikkeling van deze risicoanalyse (bijvoorbeeld aan de hand van het in dit rapport opgenomen stappenplan).

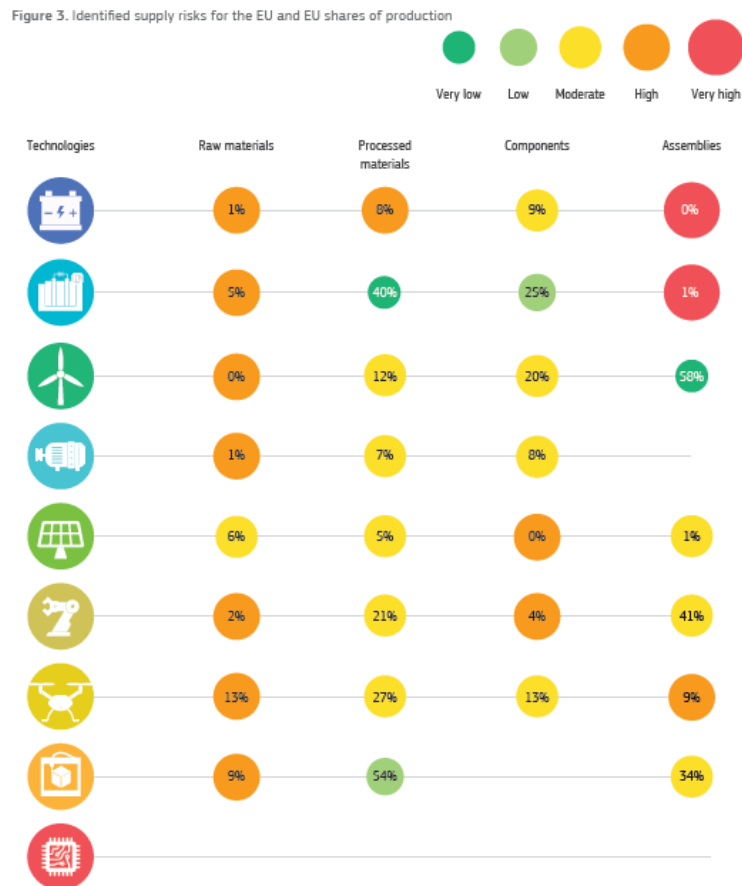
7.2.2 *Focus op producten en bottlenecks in de toeleverketen*

Zoals in de vorige paragraaf al is betoogd, zal voor een op risico's gericht beleid (en vervolgens ook adequaat CE-beleid) de aandacht uit moeten gaan naar kwetsbaarheden op productniveau.

Deze stap is recent in Europa gemaakt. Het Europese beleid richt zich al jaren op de kwetsbare situatie m.b.t. onze grondstoffen-afhankelijkheid, terwijl de allicht grotere kwetsbaarheid zit in de afhankelijkheid van landen buiten Europa voor veel grotere delen van de maak-keten. Voor tal van producten is de Europese productiecapaciteit de afgelopen decennia (praktisch) verdwenen. Dit wordt sterk onderkend in de recente publicatie van het Joint Research Centre (JRC)⁴⁸, het onderzoeksinstituut van de EC.

Het JRC onderzocht onze afhankelijkheid van het buitenland voor een groot aantal technologieën die in opkomst zijn en met name voor de energietransitie relevant zijn. Daaruit volgt het beeld dat geschetst wordt in Figuur 43 en Figuur 44..

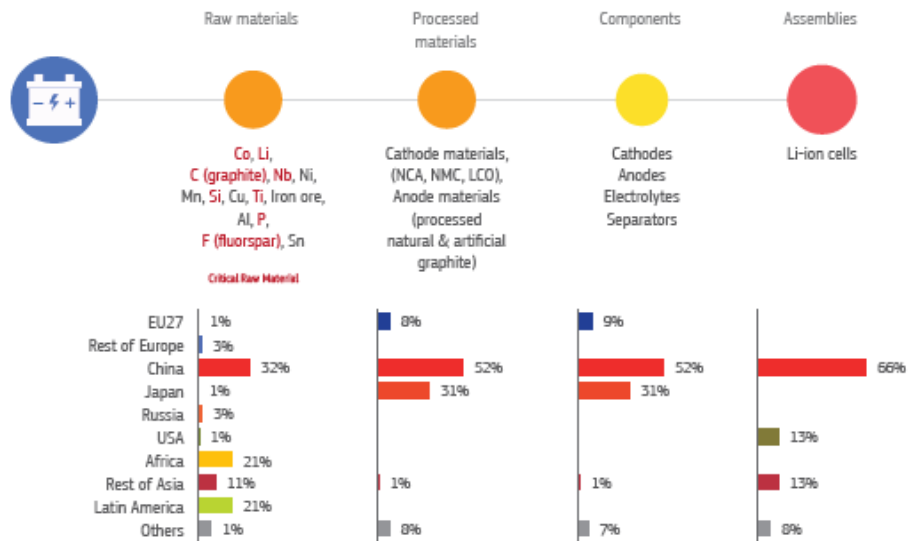
⁴⁸ Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study, Bobba, S., Carrara, S., Huisman, J. (co-lead), Mathieux, F., Pavel, C. (co-lead), JRC, September 2020



Figuur 43 Leveringsrisico's voor de EU en aandeel Europese productie

Voor elk van de geschetste technologieën (behalve voor windenergie en 3D-printing) is Europa enorm afhankelijk van niet-EU-producenten. Voor de onderstaande keten van Li-ion-batterijen blijkt dat China en Japan deze markt in handen hebben.

Figure 8. Li-ion batteries: an overview of supply risks, bottlenecks and key players along the supply chain. (See the Glossary for the acronyms used)



Figuur 44 Afhankelijkheid van Japan en China: voorbeeld lithium-ion-batterijen

Deze Europese stap is belangrijk; ook voor de Nederlandse situatie zou deze analyse gemaakt moeten worden om het (CE-)beleid beter vorm te kunnen geven. Zoals ook in voorgaande paragraaf aangegeven heeft de JRC de relevante stap gemaakt om van het productniveau uit te gaan. Vanzelfsprekend is het een uitdaging om dergelijke ketens met afdoende detail in kaart te brengen, en tot risicomangement over te kunnen gaan. Anders dan in het geval van grondstofaanbod, is de situatie verderop in de keten niet alleen minder transparant, maar ook volatieler: een productielocatie is immers sneller opgezet dan een mijn in exploitatie te nemen is. Voor overheid, branche of individueel bedrijf zal de behoefte aan detail van een heel ander niveau zijn.

Naast de GrondStoffenScanner zou in de komende jaren een platform kunnen worden ontwikkeld voor informatie- en kennisdeling over specifieke bottlenecks. Belangrijk is dat professionals merken dat hier relevante 'peers' en commerciële instrumenten (PMI, DHL etc.) kunnen worden gevonden. Nieuwe informatietechnologie moet worden onderzocht om internationale ketens (eindelijk) in zicht te brengen met publiek toegankelijke informatie. Ontwikkelingen rond materiaalpaspoorten hangen daarmee samen. Essentieel is hierbij dat het materiaalpaspoort pragmatisch wordt ontwikkeld: direct relevant voor bedrijven en met een focus op transactionele informatie in plaats van een lange lijst niet te verifiëren c.q. aangenomen aanwezige materialen.

7.2.3 Ontwerp van indicatoren gericht op toekomstige vraag

Vrijwel alle kritikaliteitspublicaties rapporteren op basis van observaties uit het verleden. In toenemende mate echter verschijnen publicaties die de consequenties van nieuwe technologie op toekomstige vraag en dus kritikaliteit als onderwerp hebben.

De DERA publiceert (i.s.m. Fraunhofer ISI) verkenningen onder de titel Rohstoffe für Zukunftstechnologien⁴⁹, waarvan het meest recente exemplaar is verschenen in 2016. Een revisie wordt verwacht in het voorjaar van 2021. Deze serie publicaties geeft inzicht in mogelijk toekomstige bottlenecks in 'supply' door de materiaalbehoefte die door de roadmaps van tal van onderling onafhankelijke nieuwe technologieën af te zetten tegen de bestaande mijnbouwcapaciteit. Met name voor technologie t.b.v. de energietransitie blijken daar tekorten in te ontstaan. Dergelijke conclusies worden ook getrokken in het eerder genoemde rapport van de JRC (Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU), en publicaties van TNO, Copper8/Metabolic en CML/Universiteit Leiden. In een eerder rapport van TNO⁵⁰ werd een vergelijking gemaakt tussen geobserveerde mijnbouwgroei in de achterliggende jaren en de geanalyseerde toename in grondstofbehoefte a.g.v. algemeen economische ontwikkelingen en vraagtoename a.g.v. de energietransitie. Dit leidde tot een indicator die toekomstige krapte aangeeft.

De risico's dat maatschappelijk gewenste transitie zoals de energietransitie niet voldoende snel tot stand kan komen door een te grote vraag van grondstoffen vraagt om een actievere monitoring van aanbod, maar vooral van technologie-ontwikkeling (van energie-, maar ook andere 'concurrerende' technologie), roadmaps over verwachte groei en van de inzet van beleidsmakers. Daarom is de ontwikkeling van een op toekomstige vraag- en aanbod model noodzakelijk.

Alhoewel indicatoren over dergelijke toekomstige ontwikkelingen minder 'zeker' zijn, geven ze mogelijk wel een urgentie aan beleid rond eventuele overheidsinterventies, waaronder rond de ontwikkeling van CE-beleid.

7.2.4 *Versterking van kennis omtrent de koppeling grondstoffen-producten*

We hebben al geconstateerd dat er meer aandacht uit moet gaan naar producten en kwetsbaarheden in de productketen in plaats van hoofdzakelijk naar grondstoffen alleen. Vanzelfsprekend blijft de koppeling tussen productniveau en het onderliggend grondstoffenniveau uiterst relevant. Niet alleen omdat belangrijke observaties m.b.t. verschuivingen in bijvoorbeeld mijnbouw (bijvoorbeeld lokale conflicten, natuurrampen, handelsrestricties) vertaald moeten kunnen worden naar consequenties voor producten en het bedrijfsleven. Maar ook omdat met name voor producten die sterk in opkomst zijn (zoals bijvoorbeeld energie-technologieën) de consequenties voor grondstoffen moeten worden vastgesteld. Daarnaast worden grondstoffen nooit in één applicatie toegepast en het is juist die samenhang die tot additionele kwetsbaarheden kan leiden.

Op zich is de systematiek om producten aan grondstoffen te verbinden ontwikkeld (zie Koppelmatrix) en ingezet in de Grondstoffenscanner en om aan te kunnen geven welke sectoren meer of minder gebruik maken van kritieke materialen en dus risico lopen. Een verdere detaillering en verdieping van deze kennis rond geprioriteerde producten en productgroepen zou moeten plaatsvinden. Bestaande

⁴⁹ Marscheider-Weidemann, F., Langkau, S., Hummen, T., Erdmann, L., Tercero Espinoza, L., Angerer, G., Marwede, M. & Benecke, S. (2016): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016. – DERA Rohstoffinformationen 28: 353 S., Berlin.

⁵⁰ E. Rietveld et al., GLOBAL ENERGY TRANSITION AND METAL DEMAND - AN INTRODUCTION AND CIRCULAR ECONOMY PERSPECTIVES, 2019

projecten zoals PANORAMA van de KIC Raw Materials kunnen ingezet worden als basis voor een verbeterde versie van de koppelmatrixmethodiek.

Het zou daarmee mogelijk moeten zijn om specifiekere productgroepen centraal te stellen in (CE-)beleidsvorming. En dat niet alleen op basis van historische data, maar ook met het oog op toekomstige behoeftes.

7.2.5 *Verbeter focus op operationalisatie door coördineren gebruik commerciële tools bij overheid en bedrijfsleven*

De verschillende overwegingen in dit rapport leiden tot de vraag naar meer en dynamischer indicatoren, die bedrijven en overheden moeten helpen bij het vaststellen van risico's en formuleren van (risico mitigerend-)beleid.

Vanzelfsprekend kan een generiek beleid en een publieke informatievoorziening op dit gebied niet het detail bieden wat professioneel risico management in een concrete bedrijfscontext kan opleveren. Eén van de activiteiten voor een onderzoeksagenda is dan ook te analyseren welk detail nu al en mogelijk in de toekomst (bijvoorbeeld met de komst van een materiaalpaspoort) mogelijk en relevant is. Daarnaast verdient het aanbeveling een verkenning te doen naar (en dus een investering te doen in) enkele private databases en risico-systemen zoals een dedicated PMI (Procurement Managers Index), de diensten van Argus Metal, DHL Resilience360 tool en eventueel andere commercieel beschikbare supply chain en leveringsrisico-tools. Met name als deze laatste op Nederland en Nederlandse sectoren gerichte informatie kan genereren ontstaat een relevant stuk gereedschap. De ervaringen van de DERA met de PMI maar ook andere commerciële databases die door de DERA zijn verworven kunnen ook worden meegenomen. Een nauwere samenwerking tussen Duitsland en Nederland op dit vlak is sterk het overwegen waard.

7.2.6 *Versterking van de Grondstoffenscanner*

De wijze waarop relevante informatie beschikbaar zou kunnen komen voor beleidsmakers, bedrijven en brancheorganisaties is in principe al ontwikkeld: de Grondstoffenscanner, als platform in brede zin, biedt een uitstekend uitgangspunt voor verdere ontwikkeling.

De ontwikkelingen die in de vorige paragrafen zijn geschetst kunnen in principe leiden tot een verdieping van de informatie van de GSS.

De mogelijkheid voor gebruikers om actief met elkaar (en moderatoren) in gesprek te gaan over observaties in hun leveringsketen moet actief worden opgepakt. Het garanderen van een veilig gespreksklimaat is hiervoor van belang, gezien het mogelijk vertrouwelijke karakter van sommige onderwerpen van gesprek. Het verkrijgen van toegang tot professionele tools zoals die van PMI Markit en DHL kunnen versimpeld worden door afspraken gebaseerd op een kritische massa van gebruikers.

Met dergelijke aanpassingen kan de Grondstoffenscanner een relevant onderdeel uit gaan maken van een Nederlandse pendant van de Deutsche Rohstoffenagentur, DERA, een ontwikkeling die DERA overigens zou toejuichen.

Een verdere ontwikkeling van de grondstoffenscanner met de genoemde functionaliteiten zou ertoe moeten bijdragen dat de risico's m.b.t.

leveringszekerheid geoperationaliseerd kunnen worden in het kader van het beleid rond Strategische Autonomie.

7.2.7 Ontwikkel kansen op basis van nieuwe technologie: block chain en materialenpaspoort

Een majeure ontwikkeling voor operationalisatie komt voort uit aanbod van innovatieve informatietechnologie. Door systemen als een “Distributed Ledger” of “multi Party Computation” kunnen partijen confidentiële data op een “need-to-know-basis” met elkaar delen. Deze technologie is in recente jaren verbeterd mede door de ontwikkeling van blockchain technologie. De impact van deze ontwikkeling kan zeer groot zijn. Op dit moment heeft geen enkele publieke organisatie, en ook maar een beperkt aantal bedrijven, een helder zicht op hun gehele leveringsketen. Het nieuwe aanbod aan technologie kan niet alleen op bedrijfsniveau data aanbieden, maar ook data anonimiseren door het aggregeren/samennemen van de data. Langs die weg kan ook publieke data worden verbeterd en daarmee een basis bieden aan operationalisatie van leveringszekerheid.

Het verdient in de komende jaren aanbeveling deze ontwikkelingen te volgen en te stimuleren, bijvoorbeeld in het kader van Europese R&D-programma's.