

# Zicht op strategische ketenafhankelijkheden voor de Nederlandse economie | ontwikkeling van een methode



## **Auteurs**

Ton Bastein  
Ivan Vera Concha  
Elmer Rietveld

**September 2023**

**TNO**vector  
Centre for Societal Innovation and Strategy



## Samenvatting

### Strategische afhankelijkheden en toenemende aandacht voor risico's in de leveringsketen

De Covid-19-pandemie, de inval van Rusland in de Oekraïne en de geopolitieke opkomst van China hebben de aandacht voor het begrip open strategische autonomie in de afgelopen tijd sterk doen toenemen. Die ontwikkelingen hebben duidelijk gemaakt dat er behoefte is aan het op methodische wijze in kaart brengen van risicovolle, strategische afhankelijkheden. Nationale en Europese beleidsinitiatieven (zoals de Nationale Grondstoffenstrategie en -op Europees niveau- het opstellen van de Critical Raw Materials Act CRMA) bevestigen deze noodzaak.

### Nog geen zicht op ketenrelaties

Tot dusverre bieden gerapporteerde methodes in Nederland en de EU te weinig zicht op kwetsbaarheden in ketens. Risico's rondom strategische afhankelijkheden worden sterk vergroot in de afwezigheid van data, informatie en kennis van deze ketenafhankelijkheden.. Daarbij schieten huidige analyses, bijvoorbeeld analyses van de importstromen naar Nederland, tekort. Kritieke productiestadia in bepaalde landen kunnen over het hoofd worden gezien. Het is minder zinvol om slechts naar kwetsbaarheden van een industriële sector te kijken. Immers, alle sectoren zijn

verweven in een wereldeconomie waarin producten hun waarde krijgen in vele stappen in een keten. Dit onderzoek richt zich op het opstellen van methodieken om ketenrelaties te leggen en vervolgens die ketenrelaties te analyseren

### Gekozen casestudies om ketenafhankelijkheden in kaart te brengen

Als uitgangspunt van onderzoek worden productgroepen op het 6-digit GS/GN detailniveau gebruikt. De GS/GN is de classificatie die voor internationale handel wordt gebruikt. Deze beschrijft de hele economie via productengroepen op verschillende detailniveaus. In deze studie gebruiken we het niveau dat de economie verdeelt in ca. 5000 (6-digit) en 8500 (8-digit) productgroepen. De casestudies in deze studie zijn elk een 6-digit GS/GN productgroep.

De gekozen casestudies (zie tabel S1) beslaan verschillende stadia van de waardeketen: grondstof, een zogenaamde 1st intermediate c.q. een bewerkte grondstof, halffabricaat, finaal product. Verschillende stadia bieden de mogelijkheid om strategische afhankelijkheden in ketens optimaal te kunnen verkennen.

Productgroep	GS/GN	Productgroep	GS/GN Code
Fosforzuur	280920	Synthetisch isoprene rubber (IR)	400260
Titaniumdioxide (TiO2)	282300	Platstaal	721933
Molybdenum oxides	282570	Zuigermotoren	840731
Kalium nitraat	283421	Electrische motoren en generators: DC, 75kW < output < 375kW	850133
Lithium carbonaat	283691	Transformatoren; liquide diëlektrica, tussen 650kVA en 10,000kVA	850422
Boraten	284019	Permanente magneten	850511
Zilver nitraat	284321	Nikkel-metaal hydride batterijen	850750
Esters; thiophosphoric esters	292019	Lithium-ion batterijen	850760
Chlooramfenicol antibioticum	294140	PV panelen	854140
Kunstmest: mono ammonium fosfaat	310540	Optische apparaten en instrumenten	901380

Tabel S1: geselecteerde twintig casestudies

### Methodiek om ketenrelaties te leggen en vervolgens te analyseren

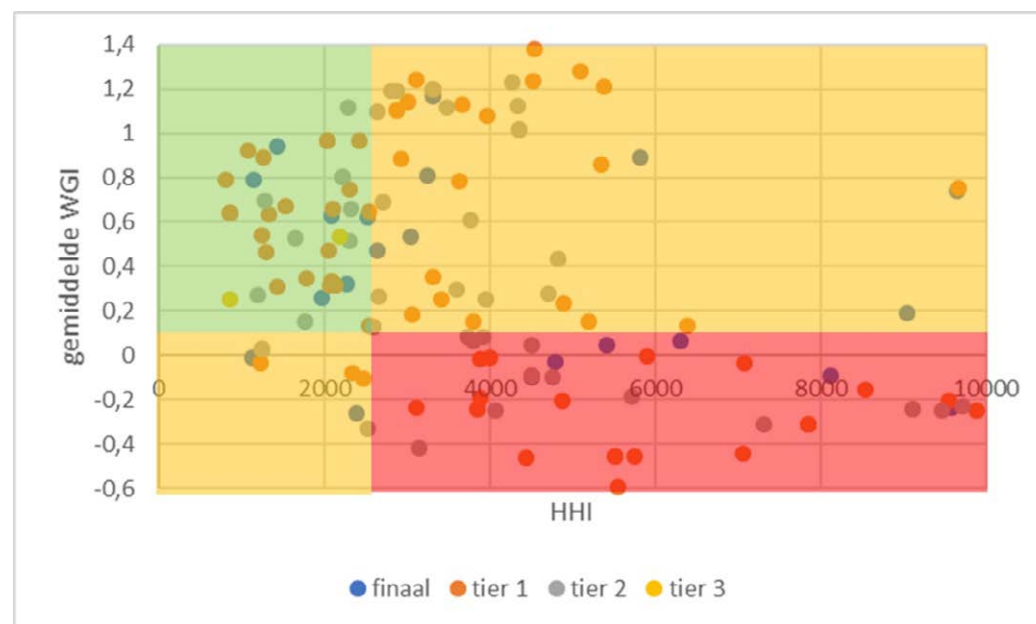
Om inzicht te krijgen in (kwetsbaarheden van) leveringsketens en op die manier licht te werpen op strategische afhankelijkheden voor Nederland worden de volgende stappen gezet in een casestudie:

- i. Data-verzameling ten behoeve van het vaststellen van zogenaamde tier-1 (leverancier) en tier-2 (leverancier van de leverancier) relaties van de casestudie;
- ii. Kwantitatieve analyse van de productie (met name de locatie) van de geïdentificeerde productgroepen in tier-1 en tier-2.
- iii. Kwalitatieve analyse van relevantie van de casestudie voor Nederland.

Voor de analyse van de ketenafhankelijkheden en de vaststelling van het (relatieve) Nederlandse belang is gebruik gemaakt van handelsstatistieken zoals Comtrade en Prodcorn. Om de kritikaliteit weer te geven is ervoor gekozen om de mate van concentratie (Herfindahl-Hirschman Index, HHI) en de kwaliteit van bestuur (World Governance Index, WGI) van een land waar een productgroep wordt gefabriceerd als indicatoren te gebruiken. Daarbij wordt een risico als relatief hoog ingeschat indien een hoge concentratie

gepaard gaat met een ongunstige WGI-score. De meest risicovolle schakel in de productieketen wordt vervolgens gedefinieerd als de productgroep met de minst gunstige scores voor HHI en WGI.

In Figuur S1 is een samenvattend overzicht gegeven van de HHI- en gemiddelde WGI-score van alle 20 geselecteerde productgroepen/casestudies en alle productgroepen die 'upstream' geïdentificeerd zijn en dus 'toeleverend' zijn aan de onderzochte 'finale' producten. Het rode kwadrant staat voor de minst gunstige score (hoge productieconcentratie, ongunstige WGI-score), de groene kwadrant voor de meest gunstige score. Opvallend is dat de combinatie van hoog geconcentreerde productie (HHI > 5.000) en een gunstige WGI-score weinig voorkomt, evenals de combinatie van een laag geconcentreerde productie en een ongunstige gemiddelde WGI-score. Er is duidelijk een aantal producten (met name 1st tier componenten) die in het kritieke kwadrant vallen: een hoge productieconcentratie in landen met een ongunstige WGI-score.



Figuur S1: impressie scores alle productgroepen (casestudies, 1st tier & 2nd tier)

### **Vervolgstappen: risicomanagement rondom strategische afhankelijkheden definitief verbeterd door ketenanalyse**

De hier ontwikkelde methodiek en de resultaten die op basis daarvan voor de twintig casestudies zijn behaald geven aanleiding tot het formuleren van mogelijke vervolgstappen:

- Kijk niet alleen naar data die de huidige economie beschrijven, maar besteedt ook aandacht aan toekomstig verdienvermogen, bijvoorbeeld rond productieketens die zich nog moeten opschalen (zoals die voor de waterstofeconomie) of die zich nog moeten vormen (zoals die rondom quantumcomputing);
- Vertaal expliciet de consequenties van risico's m.b.t. leveringszekerheid voorbij economische waardeketens, maar leg verdere kwalitatieve verbanden met publieke belangen zoals bijvoorbeeld nationale veiligheid en gezondheidszorg;
- Verbindt het onderzoek naar fysieke ketens met die van 'digitale' ketens;

- Zet in op nieuwe ontwikkelingen om geautomatiseerde analyses te kunnen doen, bijvoorbeeld door de inzet van AI, het Digitale ProductPaspoort (DPP) en gebruik van gelicenseerde data. Dit zal onderzoek naar strategische ketenafhankelijkheden een nieuwe mate van diepgang kunnen geven.
- Gebruik doorlooptijden van investeringen in het beheren van risico's rondom van strategische ketenafhankelijkheden.
- Investeer in het monitoren van kwetsbaarheden op continue basis, in de vorm van een institutioneel geborgde vorm van risicomanagement rondom strategische ketenafhankelijkheid.

**Kortom:** strategische ketenafhankelijkheden kunnen de komende jaren beter in beeld worden gebracht, om beslissingen over eventuele interventies van overheden in deze ketens effectief te ondersteunen.

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>2</b>
<b>1 Inleiding: open strategische autonomie en leveringszekerheid</b>	<b>7</b>
<b>2 Leveringszekerheid en strategische ketenafhankelijkheden</b>	<b>9</b>
2.1 Inleiding: voorbeelden van onderzoek naar ketenafhankelijkheden en leveringszekerheid	9
2.2 EU-onderzoek naar kritieke grondstoffen	9
2.3 Onderzoek naar strategische ketenafhankelijkheid in de EU	9
2.4 EU-JRC-Onderzoek naar kritieke ketens	11
2.5 Kritieke grondstoffen voor Nederland: TNO-onderzoek Materialen in de Nederlandse economie	12
2.6 De Geo-economische monitor op basis van CBS-onderzoek	12
<b>3 Zicht op leveringsketens: doel van dit onderzoek</b>	<b>14</b>
3.1 Zicht op strategische afhankelijkheden: vraag van de Nederlandse overheid	14
3.2 Tekortkomingen in het gebruik van handelsdata	14
3.3 Selectie van productgroepen voor casussen	16
<b>4 Methodische aanpak: hoe toeleveringsketens in kaart te brengen</b>	<b>19</b>
4.1 Methodische stappen	19
4.2 Methodische overwegingen: inzicht in ketens is essentieel	19
4.3 Stap 1: Op zoek naar data en Informatie over ketenafhankelijkheden	20
4.4 Stap 2: Kwantitatieve analyse van productgroepen	21
4.5 Stap 3: Kwalitatieve analyse van relevantie van de onderzochte productgroep voor Nederland	23
<b>5 Strategische keten-afhankelijkheden op nationaal niveau: twintig casestudies</b>	<b>24</b>
5.1 Resultaten van twintig casestudies: een samenvattend overzicht	24
5.2 De situatie rond kritieke grondstoffen	28
<b>6 Discussie en conclusies</b>	<b>29</b>

<b>7 Hoe verder? Verbreding, verdieping en continuïteit van onderzoek naar strategische afhankelijkheden</b>	<b>33</b>
7.1 Van huidige economie naar verdienvermogen (nu en in de toekomst)	33
7.2 Van economische kwetsbaarheid naar alle publieke belangen, inclusief nationale veiligheid	35
7.3 Van fysieke, naar digitale en fysieke ketens	35
7.4 Van slechts statistische databronnen naar geavanceerde databases	36
7.5 Van CRM lijst naar CRM Act en Open Strategische autonomie: flankerend onderzoek en ontwikkelingen	38
7.6 Van statische risico-inschatting naar dynamische mitigatie-strategieën	38
7.7 Van projecten naar monitoring op continue basis	40
Referenties	41
BIJLAGE 1: De inzet van LCA en Ecoinvent bij het in kaart brengen van ketens	42
BIJLAGE 2: Commerciële data providers en gelicenseerde databases	47

# 1 Inleiding: open strategische autonomie en leveringszekerheid

Jarenlang is door vrijwel iedereen het zelfregulerend vermogen van globale leveringsketens als vanzelfsprekend aangenomen. Toch zijn er in de afgelopen decennia bewustwordingsmomenten geweest die deze vanzelfsprekendheid ter discussie stelden, zoals die rondom de publicatie van de studie van de Club van Rome in 1972, de milieuwetten die volgden op het Brundtland rapport in 1987, de handelsconflicten tussen China en Japan in 2010 of tussen China en de VS tijdens de regeerperiode van Donald Trump.

Ondanks die momenten is lange tijd weinig aandacht geweest voor het op een methodische wijze in kaart brengen van leveringsrisico's van importstromen naar nationale en continentale economieën. De Covid-19-pandemie, de inval van Rusland in de Oekraïne, de geopolitieke opkomst van China en hebben de aandacht in de afgelopen tijd echter sterk doen toenemen voor het begrip open strategische autonomie.

Het uitbreken van de Covid-pandemie en de Russische invasie van Oekraïne hebben licht geworpen op de kwetsbaarheid van moderne leveringsketens, met name voor de toegang tot bepaalde kritieke goederen (bijvoorbeeld persoonlijke beschermingsmiddelen, halfgeleiders) en grondstoffen. De Covid-pandemie heeft geleid tot bezorgdheid over het

vermogen van markten om tijdig en snel vraag en aanbod in evenwicht te brengen. Deze zorgen verdwenen echter in de loop van de tijd, aangezien het aanbod zich aanpaste aan de vraag, zij het met vertraging en tegen een prijs. De Russische invasie van Oekraïne heeft een nieuw soort impact op de herstellende mondiale toeleveringsketens: geopolitiek machtsspel, in een mate die sinds het olie-embargo van 1973 niet meer is voorgekomen. Het legt een extra druk op een mondiaal economisch systeem dat nog niet hersteld is van de schokken opgelopen tijdens de Covid-pandemie.

Bovendien lijkt in toenemende mate MVO/ESG-beleid of de introductie van de Corporate Social Responsibility Directive (CSRD) de noodzaak om materiaal op een verantwoorde (d.w.z. maatschappelijk aanvaardbare) manier in te kopen sterk te stimuleren. Voorbeelden van reputatieschade deden zich de afgelopen jaren voor als het ging om arbeidsomstandigheden in mijnen en fabrieken.

De Europese Commissie en de Europese Raad hebben "strategische autonomie met behoud van de open economie" voor de komende jaren als speerpunt voor Europa aangemerkt. Terwijl open strategische autonomie als ambitie voorheen exclusief

toebehoorde aan het veiligheidsdomein en vooral in Frankrijk leefde, heeft het nu ook betrekking op de economie en technologie gekregen en op de EU als geheel. De vraag is waar dit begrip vanuit economische optiek voor staat, welk probleem het oplost en hoe het begrip inhoudelijk is te operationaliseren.

Het probleem waarop open strategische autonomie aangrijpt is de toegenomen geopolitisering van de economie. Via bijvoorbeeld strategische overnames, samenwerkingsverbanden en (digitale) spionage kunnen derde landen ongewenste invloed krijgen op economische (vitale) processen in de EU. En Nederland en andere Europese landen kunnen bovendien speelbal zijn in het geopolitieke spel dat de VS en China onderling spelen omwille van technologisch leiderschap. Geopolitisering van de economie heeft vaak eenzelfde patroon: (1) er is een (economische) afhankelijkheid van een bepaald land, (2) dit land maakt hier feitelijk of mogelijk misbruik voor geopolitieke doeleinden, (3) hierdoor kunnen we onze publieke belangen minder vrij en effectief borgen. Het afgelopen decennium is dit probleem groter geworden, door de verder gestegen economische verbondenheid en de verslechterde relatie met belangrijke handelspartners.

Duidelijk is dat de Nederlandse welvaart en veiligheid door geopolitisering van de economie in toenemende mate in het geding raken en dat de geopolitieke acties van derde landen buiten Europa – zoals een zekere ontkoppeling tussen de economieën van de VS en China – de komende jaren relevant blijven. Open strategische autonomie is te zien als een mogelijk antwoord op deze hernieuwde verwevenheid van economie en geopolitiek. Voor Nederland staat de open strategische autonomie van de EU voor haar vermogen om als mondiale speler, in samenwerking met internationale partners, op basis van eigen inzichten en keuzes haar publieke belangen te borgen en weerbaar te zijn in een onderling verbonden wereld. De term drukt uit dat Nederland, als onderdeel van Europa, opgewassen moet zijn tegen de soms vijandig gezinde buitenwereld, om over zijn eigen economische en maatschappelijke lot te kunnen blijven beschikken.

Op diverse vlakken wordt door de Nederlandse overheid en kennisinstellingen zoals TNO verkend op welke aspecten open strategische autonomie betrekking heeft en wat de aangrijpingspunten (kunnen) zijn.

De weg naar (meer) open strategische autonomie is in ieder geval opgebouwd uit operationele, tactische en strategische keuzes, gemaakt door publieke en private beslissers. De vraag die bij al deze activiteiten opkomt is welke informatie nodig is en welke investeringen in kennis en informatie nodig zijn om die informatie op te bouwen?

De ervaring leert dat als details over de productsamenstelling en productieprocessen afdoende in beeld zijn, overige details over een productgroep met beduidend minder moeite ontsloten kunnen worden vanuit aanvullende databronnen. De aansluiting met wat professionals in het bedrijfsleven doen is hierbij essentieel, gegeven het gegeven dat de meeste acties rond leveringszekerheid worden genomen vanuit privaat supply-chain management. Vanuit het publieke perspectief gezien geldt dat een continue monitoring van data, informatie en kennis deze aansluiting mogelijk maakt. Van alle productgroepen met een publiek belang dient op hoofdlijnen bekend te zijn wat het is, waarvan het product gemaakt is, hoe de leveringsketen er uit ziet en wie het waarvoor gebruikt. Daarmee kan de noodzaak tot actie (operationeel, tactisch of strategisch) snel en effectief worden bepaald. Deze studie onderzoekt wat een continue monitoring van strategische afhankelijkheden in leveringsketens van de Nederlandse economie nodig heeft.



## 2 Leveringszekerheid en strategische ketenafhankelijkheden

### 2.1 Inleiding: voorbeelden van onderzoek naar ketenafhankelijkheden en leveringszekerheid

Ondanks het feit dat de aandacht voor open strategische autonomie relatief recent is, wordt al enkele jaren aandacht besteed door o.a. de EU aan leveringszekerheid. In eerste instantie is vooral aandacht besteed aan de situatie m.b.t. (vooral abiotische) grondstoffen, in latere instantie is ook onderzoek gedaan naar gehele ketens en de identificatie van voor de EU strategische producten. In dit hoofdstuk introduceren we enkele van deze onderzoeken, die een belangrijke basis vormen onder het hier gerapporteerde onderzoek.

### 2.2 EU-onderzoek naar kritieke grondstoffen

Alvorens aandacht werd geschonken aan keten-afhankelijkheden, was de EC al sinds 2008 actief op het gebied van de zogenaamde kritieke materialen (Critical Raw Materials, ofwel CRM). Sinds 2010 wordt elke 3 jaar een overzicht gepresenteerd van de kritieke grondstoffen volgens een door het JRC ontworpen methodiek. Kritiek zijn de materialen die de drempelwaardes passeren die zijn gesteld voor enerzijds 'supply risk'

en anderzijds 'economic importance'. Belangrijke aspecten bij het bepalen van het leveringsrisico zijn:

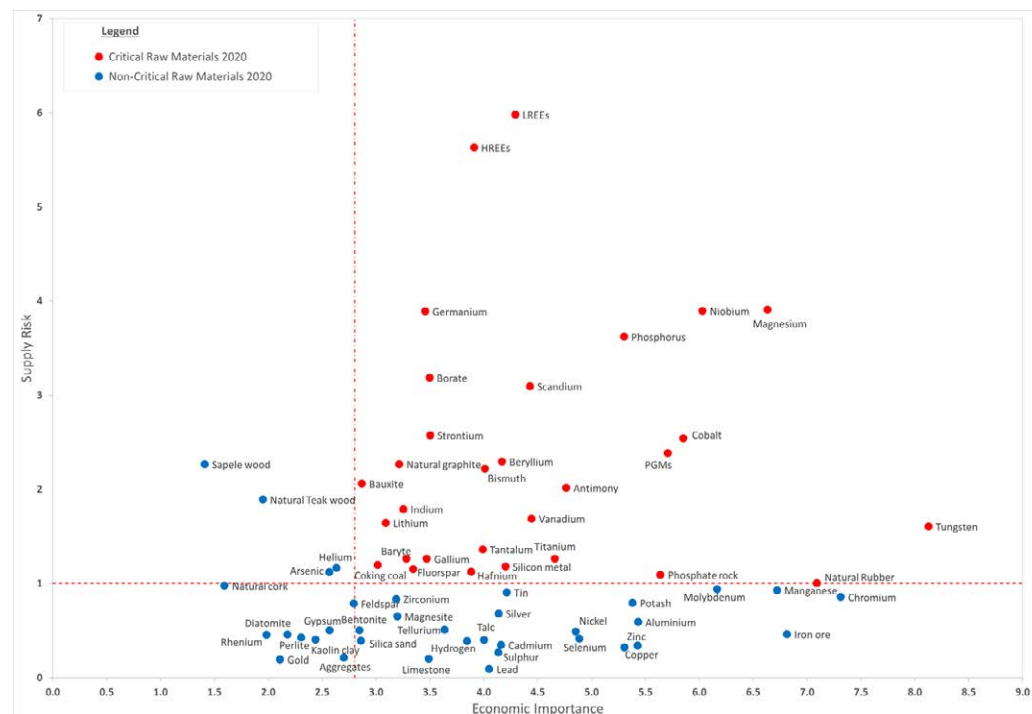
- De concentratie van herkomst van grondstoffen
- De kwaliteit van bestuur in landen van herkomst
- De mate van recycling
- De aanwezigheid en toepasbaarheid van substituten.

Na bepaling van de "kritikaliteit-grenswaarden" ontstaat vervolgens een lijst grondstoffen die het label 'kritiek' krijgen (de met rood aangegeven grondstoffen in onderstaande Figuur 1).

In deze analyse is tot nu toe relatief weinig aandacht geweest voor kritikaliteit verder in de keten. Sinds enige jaren wordt wel de productieconcentratie bepaald van geraffineerde materialen (oftewel de eerstvolgende stap na het delven en bewerken van ertsen) en wordt de stap met hoogste kritikaliteit opgenomen in de bepaling van CRMs.

### 2.3 Onderzoek naar strategische ketenafhankelijkheid in de EU

De Europese Commissie publiceerde in 2021 haar nieuwe industriële strategie (Europese Commissie 2021a en 2021b), vooral naar aanleiding van de COVID-crisis.



Figuur 1: de resultaten van 4e CRM lijst van de Europese Commissie

Dit kwam voort uit de toen ontstane bewustwording van de brede afhankelijkheid van de EU voor import van niet alleen grondstoffen, maar ook tal van andere halffabricaten en producten die van wezenlijk belang zijn voor volksgezondheid, en andere gevoelige industriële ecosystemen. In dit document wordt een bottom-up methode opgezet en ingezet om voor de EU in kaart te brengen waar buitenlandse strategische afhankelijkheden (“dependencies that are considered

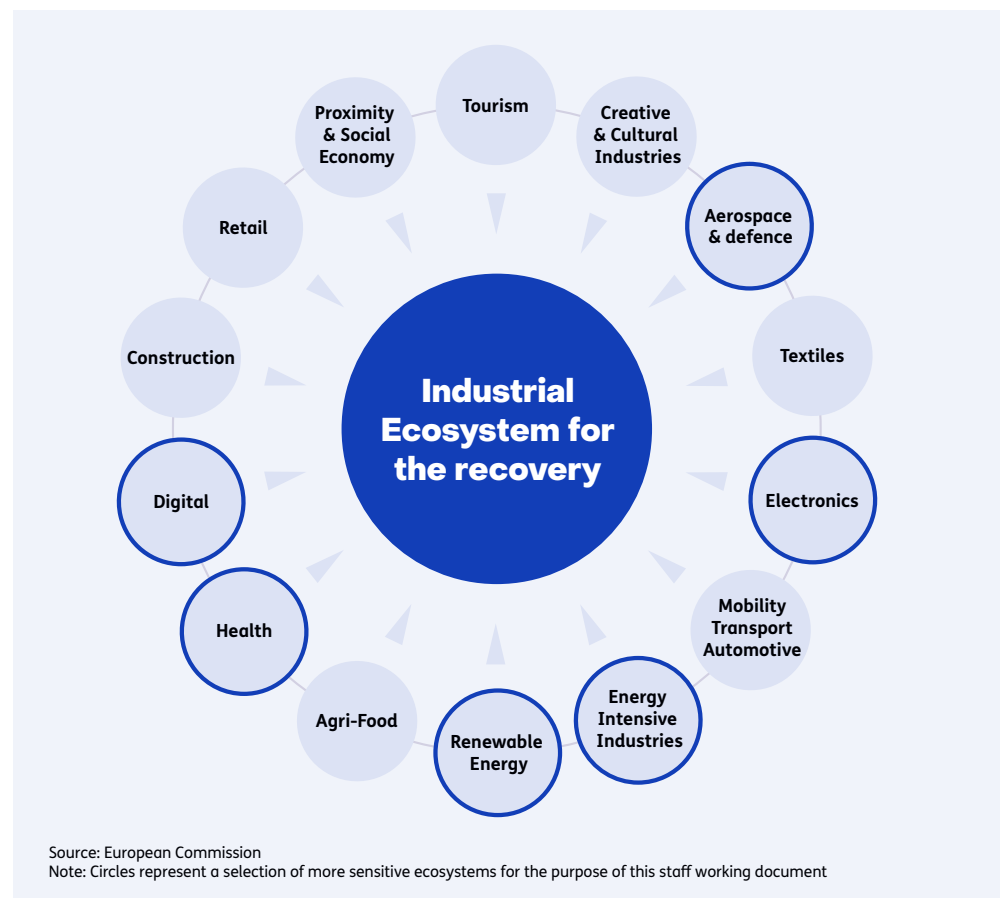
of critical importance to the EU and its Member States’ strategic interests such as security, safety, health and the green and digital transformation”) het grootst zijn.

Het onderzoek richtte zich met name op sectoren waar meer gevoeligheid werd verondersteld: aerospace & defence, elektronica, energie-intensieve industrie, hernieuwbare energie, gezondheid, digitale infrastructuur (en dus bijvoorbeeld niet bouw, textiel, toerisme en agrifood).

### Versailles declaratie en sancties tegen Rusland

Op 11 en 11 maart 2022 werd op de historische plek van Versailles een Europese top gehouden. Het was als reactie op de Russische inval van de Oekraïne, omschreven als “een tektonische verschuiving in de Europese geschiedenis”. EU-leiders kondigde hun voornemen aan om autonoom te worden op het gebied van voedsel, energie en wapentuig. De Versailles declaratie markeerde daarmee een belangrijk voornemen in het streven naar meer open strategische autonomie voor de EU.

De zoektocht naar meer open strategische autonomie betekende op korte termijn zoeken naar nieuwe leveringsketens. Ruwe aardolie (vanaf december 2022), geraffineerde aardolieproducten (vanaf februari 2023), goud, staal, staalproducten en ijzer, synthetisch rubber en plastic mogen niet meer worden verhandeld met Rusland. Voor een lange lijst productgroepen geldt echter dat ze niet mogen worden geëxporteerd naar Rusland, maar nog wel steeds worden geïmporteerd naar de EU. Op 23 juni 2023 heeft de Europese Unie (EU) een 11e sanctiepakket aangenomen dat voor leveringsketens weinig nieuwe impact heeft.



**Figuur 2:** gevoelige industriële ecosystemen onderzocht voor een afhankelijkheid van de EU in kritieke productgroepen

In een eerste stap identificeert de analyse goederen waarvan de EU afhankelijk is van een beperkt aantal bronnen, op basis van de concentratie van leveranciers, het relatieve belang van invoer van buiten de EU en hun mogelijke vervanging door interne EU-productie. In een tweede stap worden de in stap 1 geïdentificeerde afhankelijkheden teruggebracht tot meer gevoelige ecosystemen met een hoger risico op afhankelijkheden die van strategisch belang zijn. De analytische stappen in deze analyse zijn:

- De concentratie van import van buiten de EU in de vorm van een Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI), oftewel de som van het kwadraat van de marktaandeelen van bronlanden. Als grenswaarde voor strategische afhankelijkheid is hier 0,4 genomen.
- Het aandeel van import van buiten de EU t.o.v. de totale import (dus ook binnen de EU); een drempelwaarde van 50% is gehanteerd
- Substitueerbaarheid, bepaald door de mate waarin de Europese productie de import kan overnemen. Als drempelwaarde wordt hier 1 gebruikt (oftewel: import groter dan export).

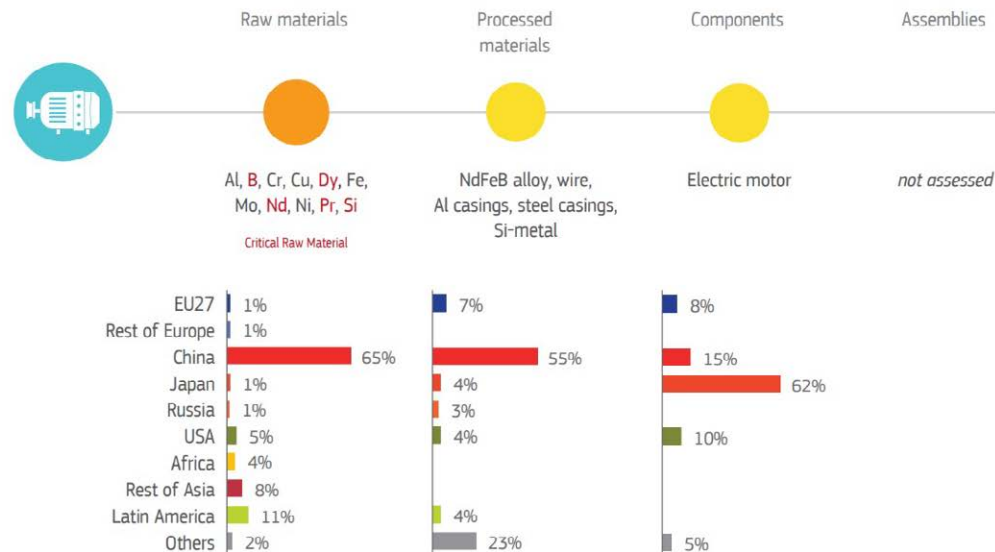
Als additioneel filter is de mate gebruikt waarin de materialen gerelateerd zijn aan de genoemde gevoelige ecosystemen.

Als resultaat is een lijst van 137 goederen ontstaan waarvoor gesteld kan worden dat de EU sterk afhankelijk is van niet-EU-landen.

Om tot een verdere reductie van deze lijst te komen is gekeken naar mogelijkheden om tot diversificatie te komen t.o.v. de huidige importsituatie. Dit bleek te gelden voor ongeveer de helft van de lijst van 137 producten (drempel: HHI > 0,4). Verder is ook nog gekeken naar het prijsverschil tussen import en export: een groot prijsverschil duidt op klaarblijkelijke verschillen tussen producten die onder dezelfde HS-classificatie vallen (drempel: prijsverschil > 30%). Door deze stappen mee te nemen ontstaat een lijst van 34 bijzonder kwetsbare producten.

### 2.4 EU-JRC-Onderzoek naar kritieke ketens

De “strategic foresight” studie van het Joint Research Center van de EC uit 2020 (European Commission, 2020) was de eerste studie uit Europa die duidelijk blijkt geeft van het besef dat leveringszekerheid niet per se een vraagstuk is van beperkte beschikbaarheid van grondstoffen maar van flessenhalzen in de hele maakketen. Figuur 3 laat de resultaten zien uit deze studie van de stadia in de keten bij de vervaardiging van een elektromotor. De studie focust vooral op technologie t.b.v. de energietransitie.



Figuur 3: strategische afhankelijkheden producten als focus in strategische autonomie. Deze type grafieken zullen worden gebruikt in de 20 casestudies

## 2.5 Kritieke grondstoffen voor Nederland: TNO-onderzoek Materialen in de Nederlandse economie

In 2015 heeft TNO een uitgebreide analyse verricht naar de afhankelijkheid van de Nederlandse economie van (kritieke) grondstoffen (Bastein en Rietveld, 2015). Deze studie 'Materialen in de Nederlandse Economie (ook wel: MIDNE)' richtte zich op het gebruik van 64 abiotische grondstoffen. De studie gaf een vrij volledig beeld van de mate waarin de Nederlandse economie verweven is met de beschikbaarheid van 64 abiotische materialen.

Daarbij is met name aandacht besteed aan het koppelen van grondstoffen aan halffabricaten en producten. Dit met name met het oog op de geringe import van grondstoffen in Nederland en het belang dat de verdere leveringsketen heeft voor de Nederlandse industrie en economie. In deze analyse is een methode ontwikkeld waarmee die koppeling tussen grondstoffen, het gebruik ervan in de wereldwijde productie van halffabricaten en eindproducten, en sectoren die in de Nederlandse economie voor toegevoegde waarde zorgen worden gemaakt. Deze methode maakt het ook mogelijk om een onderscheid te maken tussen de import

naar Nederland in de vorm van grondstoffen, halffabricaten en eindproducten. De studie is tot op heden één van de weinige voorbeelden om grondstoffen en productgroepen systematisch te koppelen, alhoewel duidelijk is dat tal van detaillering en verbetering kan plaatsvinden. De kracht van de analyses in het MIDNE-rapport zit nadrukkelijk niet in ketenrelaties. Immers: productgroepen zijn onderling niet systematisch verbonden in deze studie. De gegevens die uit dit onderzoek zijn gekomen vormen de basis onder de Nederlandse grondstoffenscanner (<https://www.grondstoffenscanner.nl/>), die sinds 2017 in de lucht is.

Overigens is op basis van dit onderzoek géén specifieke op Nederland gerichte lijst kritieke grondstoffen gemaakt. Op de eerste plaats vanwege de breedte van de opgestelde indicatoren en het feit dat elke indicator een eigen prioriteitenlijst oplevert.

Op de tweede plaats vanwege het besef dat criticality is in the eye of the beholder: het hangt af van wie je bent, waar je bent en wanneer je iets nodig hebt of iets kritiek is, en een top-down vastgestelde lijst draagt niet bij tot handelingsperspectief voor individuele bedrijven.

## 2.6 De Geo-economische monitor op basis van CBS-onderzoek

In 2022 is de zogeheten Geo-economische monitor (SEO 2022) gepubliceerd. In de Geo-economische monitor wordt onder strategische afhankelijkheden verstaan de afhankelijkheden die een risico vormen voor het borgen van Nederlandse en Europese publieke belangen. De selectiemethodes die de Geo-economische monitor hanteert zijn deels gebaseerd op onderzoek van CBS<sup>1</sup>. In dat onderzoek zijn op basis van o.a. importconcentraties productgroepen geïdentificeerd waarbij de afhankelijkheid van Nederland voor het buitenland groot is. Daarbij zijn de volgende sappen gehanteerd:

- Het is gericht op import van buiten de EU
- Per productgroep (op basis van Comtrade-handelsstatistiek waarin ongeveer 5.800 productgroepen zijn opgenomen) is bepaald hoeveel Nederland van welke categorie importeert uit welk land. De gekozen drempelwaarde is daarbij 1 miljoen euro,
- De import vanuit één land moet groter zijn 50 procent van de totale import in Nederland, en de import moet groter zijn dan de export in die productgroep.
- de concentratie van de wereldmarkt moet dusdanig zijn dat de zogeheten Herfindahl-Hirschman Index (HHI) > 0,4 (eerst op 6-digit en vervolgens op 8 digit niveau).

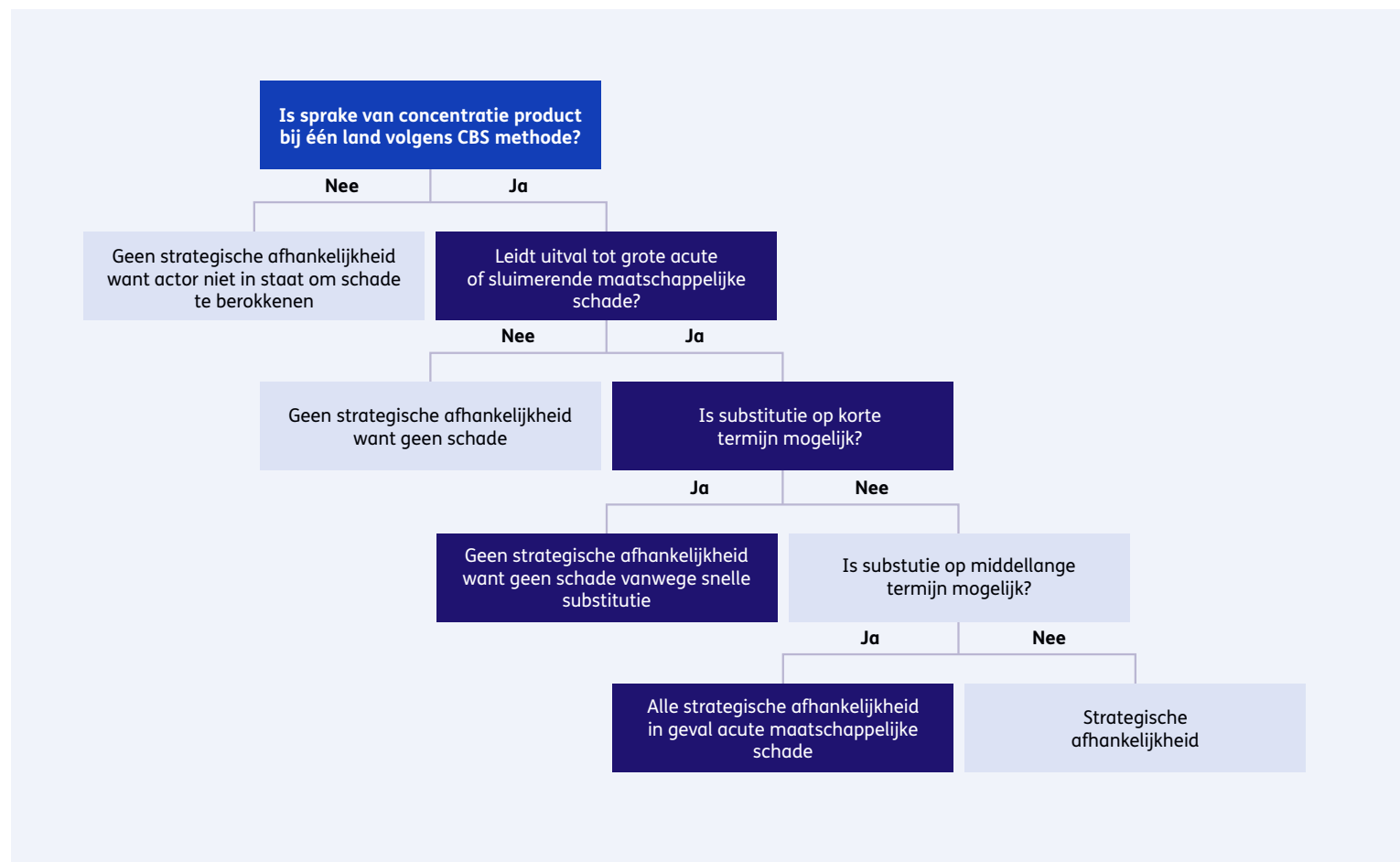
1. <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2021/38/invoer-goederen-bij-specifieke-bedrijfstakken-2020->

De selectie door het CBS, die resulteert in 135 productgroepen, bevat nog veel productgroepen waarbij op het eerste gezicht niet direct sprake is van strategische afhankelijkheid.

Doel van de analyse van de Geo-economische monitor is vervolgens om die productgroepen te identificeren waarvoor geldt dat sprake is van strategische afhankelijkheid (zie Figuur 4). Daarbij wordt het volgende stroomdiagram gevolgd.

De auteurs stellen dat het beoordelen van substitutiemogelijkheden tot onzekerheid leidt bij het beantwoorden van de vraag of er strategische afhankelijkheid is. Indien op basis van de beschikbare informatie en kennis te weinig eenduidig de afhankelijkheid geassocieerd kon worden, leidde dat tot de classificatie ‘mogelijk strategisch afhankelijk’.

Naast de lastige beoordeling van substitutiemogelijkheden, bleek het lastig om zonder gedetailleerde kennis van een industrie goed zicht te krijgen op achterliggende ketenafhankelijkheden. Eén van de uitdagingen het hier gerapporteerde onderzoek is of een signalering van dergelijke strategische ketenafhankelijkheid op basis van beschikbare data toch mogelijk is.



Figuur 4: beslisboom kritikaliteit Geo-economische monitor (SEO 2023)

## 3 Zicht op leveringsketens: doel van dit onderzoek

### 3.1 Zicht op strategische afhankelijkheden: vraag van de Nederlandse overheid

Eerder onderzoek heeft zicht gegeven op de kritieke situatie rond grondstoffen (op EU- en Nederlands niveau) en op mogelijke strategische afhankelijkheden van materialen, halffabricaten en finale producten (via de Geo-economische monitor). In het licht van de toenemende belangstelling voor open strategische autonomie is de behoefte geformuleerd door de overheid om strategische afhankelijkheden te kunnen identificeren om vervolgens eventuele risico's te kunnen mitigeren.

In een eerdere beleidsnotitie van de Centraal Economische Commissie (CEC) over open strategische autonomie citeren we de volgende aanbeveling: beleidsnotitie over strategische autonomie: “

De aanbeveling die we in deze CEC-notitie apart willen uitlichten is die tot een monitor kwetsbare economische afhankelijkheden. Hiermee bedoelen we een systematische inventarisatie van de afhankelijkheden in de economie als geheel, voor zover die Nederland kwetsbaar maken voor geopolitiek misbruik daarvan door landen buiten Europa”. Deze notitie herkent ook de dilemma's die aan zo'n monitor voor de gehele economie verbonden zijn: “Bij de zoektocht naar de meest geschikte methode is er een dilemma tussen inhoudelijke zuiverheid en praktische werkbaarheid. Zo is het onwerkbaar om een standaardmethode (...) echt voor elk goed, grondstof, dienst of technologie toe te gaan passen. Waardeketens zijn zeer internationaal, lang en complex zoals het bekende voorbeeld van de uit vele duizenden goederen opgebouwde vliegtuigen laten zien.”

Met deze observaties in het achterhoofd heeft het ministerie van Buitenlandse Zaken de aanzet gegeven tot dit onderzoek waar de nadruk ligt op de zoektocht naar de rol van grondstoffen en halffabricaten **in de keten** en naar de vraag wat het betekent als een bepaald product niet beschikbaar is voor de rest van de waardeketen of voor het publieke belang. Daarbij speelt ook de vraag waar Nederlandse bedrijven de geïdentificeerde producten vandaan halen en welke diversificatiemogelijkheden binnen handbereik zijn.

Het primaire doel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een methodiek voor het **in kaart brengen van waardeketens en de risico's en bottlenecks daarin**. Hierbij worden relaties gelegd tussen grondstoffen, halffabricaten en eindproducten; op basis van een twintigtal voorbeeldcases wordt de meerwaarde en werkbaarheid van de methodiek getoetst. De relatie met publieke belangen en de productgroepen van de casestudies wordt gemarkeerd in de bijlage (zie tekstbox).

### 3.2 Tekortkomingen in het gebruik van handelsdata

Zowel de EU-analyses als de analyses verricht door CBS (de basis voor de Geo-economische monitor) zijn gebaseerd op publiek beschikbare handelsdata zoals bijeengebracht in databases zoals ProdCom, Comext en Comtrade (<https://comtradeplus.un.org/TradeFlow>). Deze databases laten het totale handelsvolume per land en tussen landen zien op het detailniveau van productgroepen op GS/GN-code 6 (Comtrade)- of 8 (Comext/Prodcom) digitniveau. Een groot handelsvolume en een hoge landenconcentratie zijn de belangrijkste indicatoren als het gaat om het identificeren van mogelijk strategische afhankelijkheden.

**Op deze data valt het één en ander af te dingen:** handelsdata zijn relatief accuraat (ze registreren import en export tussen landen), maar daarmee geven ze niet direct zicht op leveringsketens.

Op de eerste plaats zeggen deze handelsdata niets over de handel tussen bedrijven in één land. Dit manifesteert zich bijvoorbeeld voor grondstofwinning in geïndustrialiseerde landen. Deze grondstoffen zullen voor een deel in de 'eigen' industrie landen en dus niet in handelsstatistiek voorkomen.

#### Risico voor publiek belang door strategische ketenafhankelijkheid?

Het is relatief eenvoudig om de relatie tussen een product en een publiekbelang te leggen. Bijvoorbeeld: een transformator draagt bij aan de energie transitie. Het is echter vrijwel onmogelijk om een strategische ketenafhankelijkheid te vertalen in een (zelfs ook maar rudimentaire) risicoanalyse voor een publiek belang. Voor een individueel bedrijf kan het tekort van een product nog worden vertaald naar negatieve impact op de winstgevendheid. De complexiteit van een economie staat een dergelijk causaal verband niet toe.

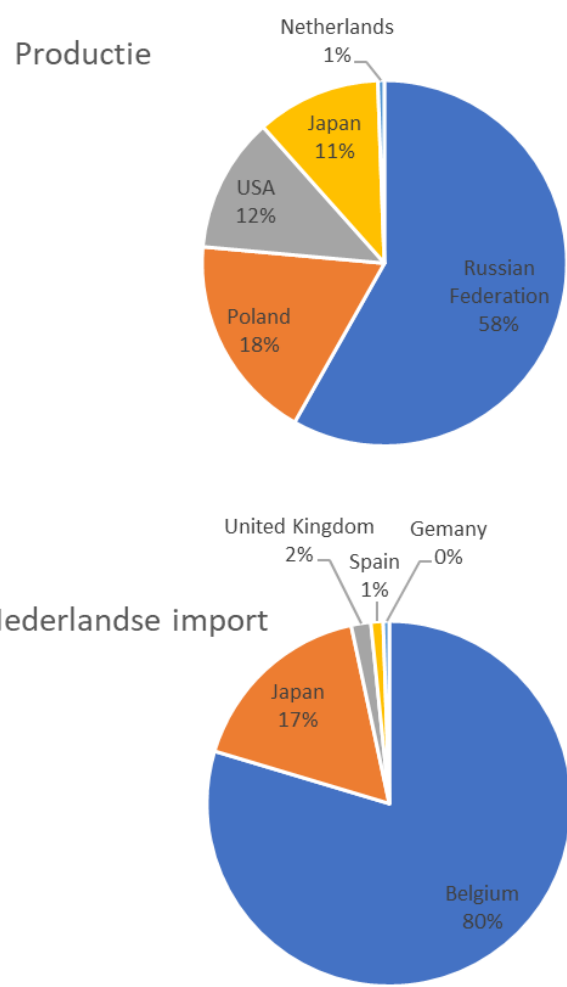
Dit ontleent het zicht op het sluiten van leveringsketens. Voor dergelijke vraagstukken kan alleen worden teruggegrepen op onafhankelijke informatie, zoals de informatie afkomstig van geologische diensten (zoals de USGS).

Op de tweede plaats zeggen de handelsgegevens niets over de mate van betrokkenheid van landen van waaruit wij als Nederland importeren bij de productie van de bewuste productgroepen. De databases beschrijven immers alleen de grensoverschrijdende handel. Illustratieve voorbeelden van dit probleem zijn de rond isopreenrubber (GS/CN code 400260) en een specifiek type transformatoren (GS/CN code 850422).

Op basis van import- en exportgegevens uit Comtrade (zie voor uitleg van de ontwikkelde methodologie paragraaf 4.1) krijgen we zicht op de (in gewicht gemeten) grootste netto-exporteurs en daarmee naar benadering grootste producenten. Op basis van Comext-gegevens krijgen we zicht op de landen waarvandaan Nederland importeert. Beide gegevens zijn gegeven in Figuur 5.

De directe import van dit product vindt dus hoofdzakelijk plaats via België, gevolgd door Japan, terwijl de productie hoofdzakelijk in Rusland, Polen, de VS en Japan plaatsvindt. Indien we uitgaan van dergelijke marktaandeel ligt de HHI van productie op 4793 en die van onze import op 6569. Beide HHI-waarden zijn ruimschoots voldoende om dit product onder te brengen in een lijst producten met een grote afhankelijkheid, maar de herkomst en daarmee de inschatting van de met dit product verbonden risico's is vanzelfsprekend geheel anders.

Een tweede voorbeeld betreft de productie van en de handel in de productgroep 850422: Liquid dielectric transformers 650-10,000KVA. Dit product wordt in veel landen geproduceerd (en dus netto geëxporteerd) terwijl in 2022 het leeuwendeel van de Nederlandse import afkomstig was uit Spanje, op wereldschaal een kleine producent. Hier is de HHI van onze import 8220, en die van de (ingeschatte) productie 1120. In dit geval zou deze productgroep op basis van importgegevens als productgroep met grote afhankelijkheid worden gekarakteriseerd, terwijl de wereldmarkt daar niet direct aanleiding toe geeft.



Figuur 5: Verdeling productie (links) en import in Nederland (rechts) van isopreen-rubber (GS/CN code 400260)

Het is duidelijk dat het gebruik van handelsdata m.b.t. import als filter om materialen met een strategische afhankelijkheid te ontdekken met grote voorzichtigheid moet worden ingezet. Zonder additionele kennis van de daadwerkelijke productieketen versluiert de handelsstatistiek de inzichten omtrent onze afhankelijkheid.

### 3.3 Selectie van productgroepen voor casussen

Het ontwerpen, testen en in eerste lijn valideren van een methode zal worden gedaan aan de hand van 20 productgroepen uit het Geharmoniseerd Systeem c.q. de Gecombineerde Nomenclatuur (GS/GN)

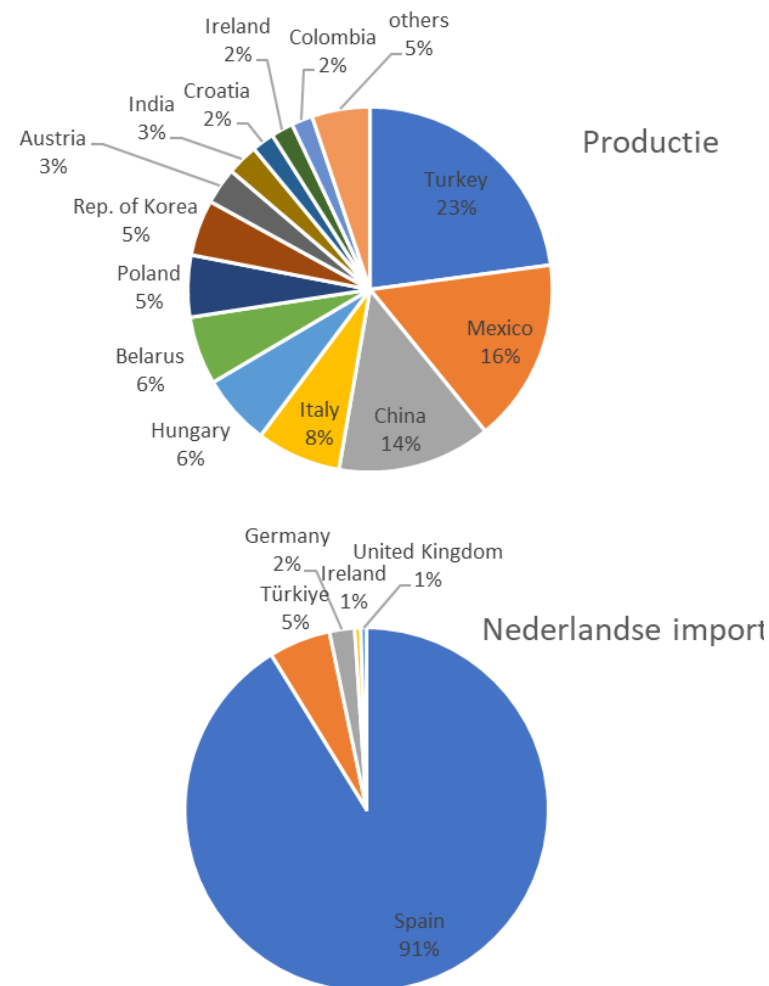
#### Productgroepen in het GS/GN systeem

Dit onderzoek steunt nadrukkelijk op de door internationale statistiek gedefinieerde productgroepen die de internationale handel beschrijven: het Geharmoniseerd Systeem c.q. de Gecombineerde Nomenclatuur (GS/GN).

Deze definitie is in het leven geroepen om de verantwoordelijkheden van douane te ondersteunen. (Voor transport en logistiek zijn er ook weer andere classificaties beschikbaar, evenals voor economische sectoren). Het grote voordeel van de GS/GN codes zijn dat de data op wereldniveau voor vrijwel alle landen aanwezig is en relatief betrouwbaar is.

De vraag: wat is een product? is in al zijn eenvoud relevant. Het antwoord van dit onderzoek op die vraag is: een 6- of 8-digit productgroep, zoals 850760 "Lithium-Ion batterijen". Het verschil tussen 6- en 8-digit codes is het detailniveau. Op 6-digit niveau geldt dat de hele economie in ca. 5400 productgroepen wordt beschreven, 8-digits doen dit in ca. 9200 productgroepen. De reden dat niet altijd het 8-digit detailniveau wordt aangehouden is databeschikbaarheid.

Het is overigens relevant om te weten dat het detailniveau loopt tot 22-digit niveau, zoals in gebruik bij de Nederlandse douane. Dit detailniveau houdt in dat deze gegevens veelal confidentieel en dus niet voor reguliere publieke analyse toegankelijk zijn. Tegelijkertijd geeft het bestaan van dit detailniveau aan dat verdere detaillering in het geval van publieke actie mogelijk is.



Figuur 6: Verdeling productie (links) en import in Nederland (rechts) van transformatoren (GS/CN code 850422)



De gekozen casussen (zie Tabel 1) beslaan verschillende stadia van de waardeketen (grondstof, een zogenaamde 1st intermediate c.q. een bewerkte grondstof, halffabricaat, finaal product), om zo de mogelijkheid van strategische afhankelijkheden in ketens optimaal te kunnen verkennen. Verder bevatten ze een selectie van productgroepen uit de eerder genoemde CBS-verkenning en de Geo-economische monitor, en een eerder door de EC gepubliceerde lijst kwetsbare producten (zie hiervoor paragrafen 2.3 en 2.6).

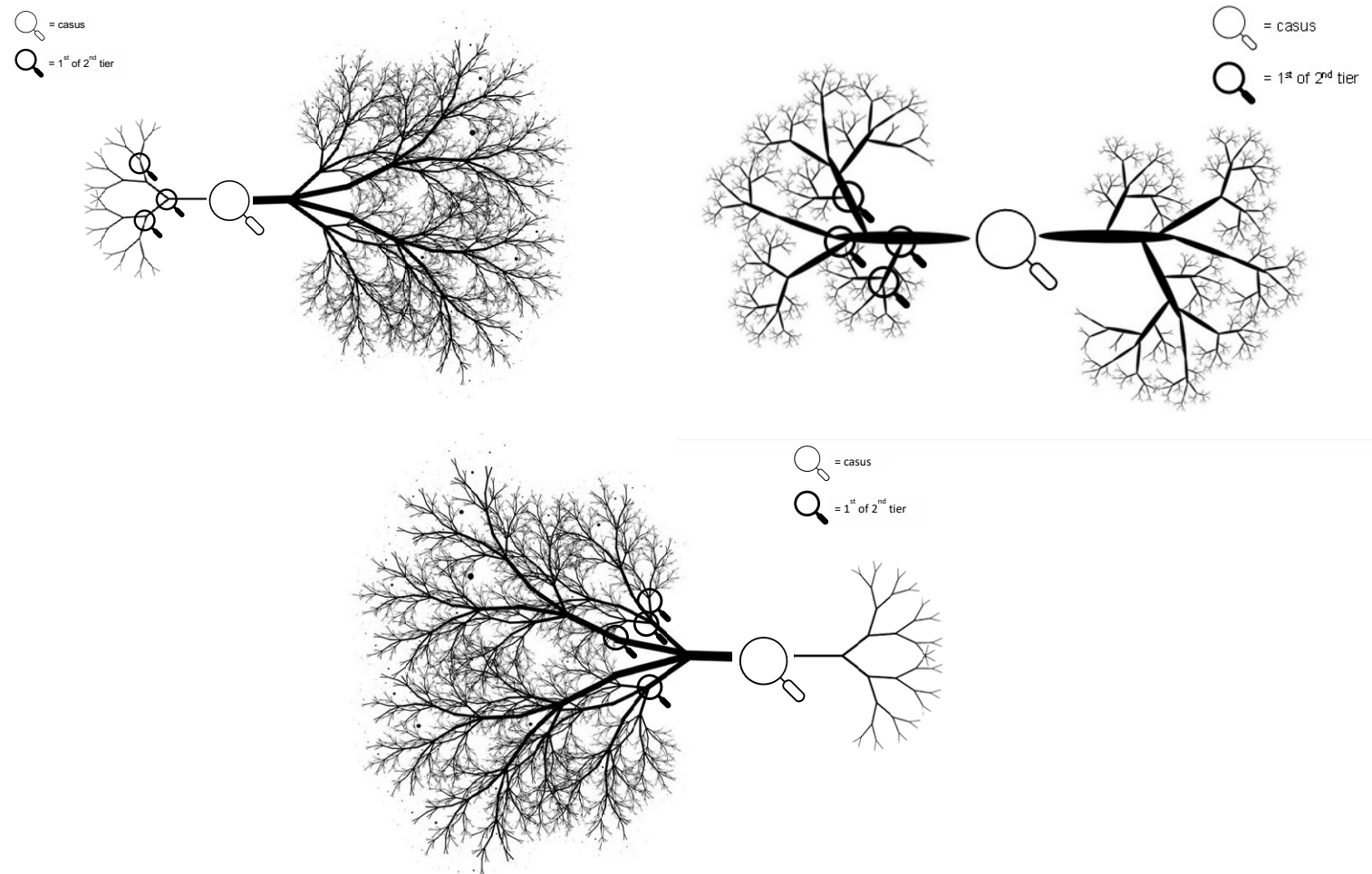
De keuze voor deze 20 case studies is uitdrukkelijk niet bedoeld om de gehele set aan producten te bestrijken die belangrijk zijn voor de publieke belangen van Nederland.

Productgroep	GS/GN	Productgroep	GS/GN Code
Fosforzuur	280920	Synthetisch isoprene rubber (IR)	400260
Titaniumdioxide (TiO <sub>2</sub> )	282300	Platstaal	721933
Molybdenum oxides	282570	Zuigermotoren	840731
Kalium nitraat	283421	Electrische motoren en generators: DC, 75kW < output < 375kW	850133
Lithium carbonaat	283691	Transformatoren; liquide diëlektrica, tussen 650kVA en 10,000kVA	850422
Boraten	284019	Permanente magneten	850511
Zilver nitraat	284321	Nikkel-metaal hydride batterijen	850750
Esters; thiophosphoric esters	292019	Lithium-ion batterijen	850760
Chlooramfenicol antibioticum	294140	PV panelen	854140
Kunstmest: mono ammonium fosfaat	310540	Optische apparaten en instrumenten	901380

Tabel 1: geselecteerde twintig casestudies

De overweging om deze productgroepen in verschillende stadia te kiezen is niet op voorhand ingegeven door een aangenomen publiek belang voor Nederland, maar in eerste instantie om in te kunnen spelen op het verschil in complexiteit 'upstream' (oftewel de leveranciers van het product in kwestie) of 'downstream' (oftewel de volgende schakels in de leveringsketen). Daarbij is in de uitwerking van de analyse de keuze gemaakt om niet voorbij de '2nd tier' relaties te kijken. Voorbij de "2nd tier" ketenrelaties (m.a.w. "de leverancier van je leverancier", of de "klant van je klant") wordt het in toenemende mate moeilijk een overzichtelijke lijst productgroepen te identificeren. De mogelijkheden nemen exponentieel toe. Dit wordt geïllustreerd door onderstaande afbeeldingen.

Figuur 7 geeft een impressie van de mate van complexiteit voor producten die net het grondstofstadium gepasseerd zijn, voor producten halverwege de keten (zoals plaatstaal) en voor finale producten die aan het einde van de leveringsketen kunnen staan. Deze laatste groep staat vanzelfsprekend ten dienste van de afnemers van deze producten (bijvoorbeeld sectoren zoals bouwnijverheid, elektriciteitsdistributie maar ook veiligheidsdiensten en gezondheidszorg).



**Figuur 7:** casestudie aan begin van leveringsketen ("upstream"), net voorbij het stadium van geëxtraeerde grondstoffen (linksboven), halverwege de keten (veelal halffabricaten; rechtsboven) en aan het einde van de leveringsketen, veelal finale producten ("downstream"; onder)

## 4 Methodische aanpak: hoe toeleveringsketens in kaart te brengen

### 4.1 Methodische stappen

Om inzicht te krijgen in (kwetsbaarheden van) leveringsketens en op die manier licht te werpen op strategische afhankelijkheden voor Nederland worden de volgende stappen gezet:

- i. Data-verzameling ten behoeve van het vaststellen van tier 1 en tier 2 leveranciers van de te onderzoeken productgroep;
- ii. Kwantitatieve analyse van de productie van de geïdentificeerde 'upstream'-productgroepen
- iii. Kwantitatieve analyse van de betrokkenheid van Nederland bij de onderzochte productgroep.

In de volgende paragrafen zullen we ingaan op de gevolgde stappen. In hoofdstuk 7 zullen we suggesties belichten die tot verbreding en verdieping van deze stappen leiden.

### 4.2 Methodische overwegingen: inzicht in ketens is essentieel

Zoals uit hoofdstuk 2 al bleek zijn veel bestaande kritikaliteitsonderzoeken (bijvoorbeeld t.b.v het vaststellen van de Europese lijst kritieke grondstoffen) gefocust op de eerste stappen in elke leveringsketen, namelijk de (letterlijke) grondstoffen (raw materials) en hooguit de eerste raffinage-stap daarna. Dergelijke studies houden minder of geen rekening met mogelijke bottlenecks verderop 'downstream' in de keten. De belangrijkste reden daarvoor is vanzelfsprekend dat data over het **gebruik van grondstoffen** in producten ('welke grondstof zit in welk product') niet makkelijk te verkrijgen is. Data over de **samenhang** van producten over de keten ('welk product gaat waar in') is nog veel minder goed ontwikkeld.

Om informatie over de kwetsbaarheid van leveringsketens te krijgen zijn dergelijke data echter essentieel. En dat betekent dat voor elk product een deep dive genomen zou moeten worden in de productiestappen om tot dat product te komen. Een rudimentair voorbeeld van zo'n deep dive staat in Tabel 2.

Stadium keten	Productgroepen	Opmerking
Grondstof	Ertsen van aluminium, kobalt, koper, ijzer, lithium, mangaan, natuurlijk grafiet, nikkel, fosfor	Deze grondstoffen zijn ten tijde van extractie vaak nog onderdeel van mineralen die niet in pure vorm beschikbaar zijn
Bewerkte grondstof/geraffineerd/ "1st intermediates"	Geraffineerde metalen uit gedolven ertsen, kathodemateriaal (zoals lithium-kobaltoxide, lithium-ijzerfosfaat), anodemateriaal van natuurlijk grafiet,	De producten in deze categorie bevatten in de naam nog een directe referentie aan de grondstof
Halffabricaat	Koperdraden, staal, kunststoffen	
Component	Kathoden, elektrolyt, separatoren, cel omhulsel.	Componenten zijn producten die in de statistiek als finaal zijn omschreven maar niet zelfstandig te gebruiken zijn als finaal product. De 'naam' van de grondstof is verdwenen uit de productbeschrijving.
Finaal product/assemblage	Lithium-Ion batterij	
Superassemblage	Auto	Indien een finaal product ook in een ander product wordt gebruikt (en niet alleen zelfstandig) spreekt men van een superassemblage

Tabel 2: opbouw Lithium-Ion batterij

### JRC: ijzersterke ketenrelaties, als onderliggende data goed is

Het beste voorbeeld van een studie die zowel ketenrelaties als toekomstig gebruik analyseert is de JRC "foresight studie" (Europese Commissie 2020, Carrara et al. 2023) die ook in 2.4 aan bod kwam. De Figuur 3 laat zien hoe de verschillende ketenstadia zijn beoordeeld. Het rapport schrijft "De analyse identificeert de relevante elementen in elke stap van de toeleveringsketen, d.w.z. de relevante grondstoffen, verwerkte materialen, componenten, assemblages, superassemblages en systemen met betrekking tot elke technologie". De methode die hierbij gebruikt is bestaat uit traditionele deskresearch met webzoekmachines die academisch geaccepteerde bronnen leveren. Tegelijk is het niet volledig duidelijk welke databron is gebruikt voor de analyse/kwantificatie van een specifieke ketenrelatie. Aldus moet een voorbehoud worden gemaakt: de analyse van de keten is zo sterk als de (niet expliciet bekende) databron.

### 4.3 Stap 1: Op zoek naar data en informatie over ketenafhankelijkheden

De bijdrage van dit onderzoek ligt in het in beeld brengen van typische verbanden tussen bewerkte grondstoffen, componenten en finale producten in 1 of 2 stadia (“tiers”) en daar vervolgens een transparante en kwantitatieve analyse aan verrichten die mogelijke bottlenecks in de keten in kaart brengt. De analyse in de case studies ambieert uitdrukkelijk niet om een volledig beeld van de (meestal uiterst complexe) productieketen te schetsen, maar wel om enkele kenmerkende en illustratieve ketenrelaties in beeld te brengen. Daarbij geldt als een (door de databronnen opgelegde) beperking dat deze tier-1 of tier-2 productgroepen herkenbaar beschreven moeten zijn in het GS/GN systeem.

Om inzicht te krijgen in kenmerkende componenten, 1st intermediates (bewerkte grondstoffen) en/of grondstoffen in de keten van een te onderzoeken productgroep is gebruik gemaakt van traditioneel deskresearch gebruikmakend van zoekmachines zoals Google en Sciencedirect.

Een extra instrument voor deskresearch dat in 2023 ter beschikking is gekomen is het gebruik van Natural Language

Programming (NLP) modellen zoals ChatGPT. De meerwaarde van dergelijke instrumenten is de **eenvoud** waarmee relevante vragen in deze zoektocht kunnen worden gesteld. De **snelheid en breedte van de zoekresultaten wordt daarmee aanzienlijk vergroot**. Het vinden van ketenrelaties van productgroepen (zowel ‘upstream’ als ‘downstream’) op een 6- of 8-digit detailniveau wordt daarmee aanzienlijk efficiënter. In de state-of-the-art van 2023 blijft het vanzelfsprekend zaak de uitkomsten via andere bronnen te valideren, vanwege de afwezigheid van directe bronvermelding van ChatGPT.

Een combinatie van webscraping en sleutelwoorden is verkend, maar niet in deze studie toegepast. Het webscrapen is een activiteit die op basis van kenmerken zoekt naar teksten (rapporten, online boeken, websites, overige publicaties). Het gebruik van sleutelwoorden wordt vervolgens toegepast op de ruwe informatie die is verkregen met webscraping. Het gebruik van sleutelwoorden kan worden geautomatiseerd via “Keyword Research Automation”.

Om ketenrelaties te achterhalen is in deze studie ook verkend of databases die worden ingezet om levenscyclusanalyses (LCAs) te verrichten kunnen worden ingezet. De levenscyclusanalyse is een methode die is ontwikkeld om de milieu-

impact en het gebruik van hulpbronnen van een product gedurende zijn levenscyclus te beoordelen. Het omvat alle stadia van de verwerving van grondstoffen (wiege), de productie- en gebruiksfase en het einde van de levensduur. Ecoinvent is de meest bekende database op basis waarvan dergelijke analyses uitgevoerd kunnen worden. Ecoinvent maakt het tot op zekere hoogte mogelijk om de samenstelling van specifieke materiaal- en processtoeleveringsketens te bepalen. Een nadere toelichting op de verkenning die in het kader van deze studie is uitgevoerd m.b.v. Ecoinvent (en de mogelijk volgende stappen die nog genomen kunnen worden) is te vinden in de Bijlage 1. In de analyse rond de 20 case studies is om redenen die hieronder worden toegelicht nu niet direct gebruik gemaakt van de inzichten uit EcoInvent. Deze redenen zijn:

- Gezien de aard van de dataset is het een uitdaging om de toeleveringsketens van producten alleen vanuit een materieel perspectief in kaart te brengen, aangezien de dataset alle activiteiten met betrekking tot het specifieke product weergeeft, zoals alle activiteiten die verband houden met energieverbruik.
- Ecoinvent geeft geen informatie over de toepassing na de productie van een specifiek product. Het overzicht

van complete waardeketens en afhankelijkheden tussen materialen en producten is dus beperkt.

- Ecoinvent bevat meer gegevens op “basis” materiaal- of productniveau dan op “complex” niveau. Het bevat bijvoorbeeld gegevens over TiO<sub>2</sub>, Fosforzuur (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), Lithiumcarbonaat (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) of Magnesium (Mg), maar niet voor hoogwaardige producten zoals elektrische transformatoren of windturbines.

Een ander belangrijk nadeel is de relatief smalle scope van veel databases zoals Ecoinvent. Een LCA-database is niet almachtig, bestrijkt niet alle sectoren in de wereldeconomie in gelijke mate. De ene LCA-database richt zich misschien meer op chemie, terwijl een andere zich meer richt op landbouw. Vervolgens is er ook een verschil in “granulariteit” (detailniveau) voor regio’s, waardoor het werkelijke productiegebied onduidelijk is.

Tot slot is er in het kader van deze studie verkend welke commerciële dataleveranciers mogelijk relevante informatie kunnen bieden voor het achterhalen van werkelijke leveringsketens. Een overzicht van dergelijke data providers is te vinden in de Bijlage 2. Een voorbeeld van een dergelijk bedrijf is FactSet dat met de EC een contract heeft gesloten

ten behoefte van het in kaart brengen van leveringsketens<sup>2</sup>. In de scope van het huidige onderzoek is nog geen gebruik gemaakt van dergelijke ondersteuning. Het vraagstuk hoe private en commerciële informatie in te zetten voor publieke informatievoorziening is in dit onderzoek niet beantwoord. Wel is duidelijk geworden dat de detailinformatie op bedrijfsniveau een grote meerwaarde kan bieden in toekomstige analyses. We komen daar in hoofdstuk 7 op terug.

#### 4.4 Stap 2: Kwantitatieve analyse van productgroepen

Nadat zicht is gekregen op de specifieke grondstoffen en componenten die van belang zijn in de productie van een bepaald type product, is de volgende stap om een kwantitatief beeld te genereren van de mate van kwetsbaarheden in de keten van het onderzochte product.

Voor dat doel is hoofdzakelijk gebruik gemaakt van de Comtrade-databank<sup>3</sup> als bron. Dit is een dataset van de VN, die internationale handel beschrijft. Alle import- en exportstromen zijn per land op GS/GN 6-digit niveau beschreven, voor

lange tijdreeksen die dikwijls al beginnen in de 20e eeuw<sup>4</sup>.

We hebben eerder (zie paragraaf 3.2, waarin de case m.b.t. PV-panelen werd besproken) laten zien dat direct gebruik van handelsdata een sterk vertekend beeld geeft van bronlanden en dus van mogelijke bottlenecks in de leveringsketen. Tegelijk is voor vrijwel alle materialen en componenten die onder Comtrade worden behandeld **geen onafhankelijke databron over productie en productielocaties beschikbaar**.

Om op basis van de Comtrade-data toch een beeld te schatten en te schetsen van de herkomst van producten (en dus de mogelijkheden voor diversificatie in beeld te brengen) hebben we op basis van handelsdata over import en export een benadering gemaakt voor wereldwijde productie per land. Deze benadering is gebaseerd op het **vergelijken van import en export** in een bepaalde productgroep, door voor gerapporteerde fysieke hoeveelheden (kg, stuks etc.) te kijken welke landen een **exportoverschot** hebben (oftewel: hoeveelheid export –

hoeveelheid import >0). Voor die landen wordt aangenomen dat ze een nationale productie hebben.

Voor die productgroepen waarvoor onafhankelijke bronnen beschikbaar zijn (zoals bijvoorbeeld mijnbouwgegevens, of sectorrapporten over specifieke producten) is deze aanpak gevalideerd. Ondanks het feit dat deze validatie aantoont dat deze methode waardevolle (en anderszins niet beschikbare) informatie oplevert, zijn tegelijkertijd enkele systemische fouten op deze wijze geïntroduceerd:

- Om de invloed van wisselkoersen, transactiekosten en speculatie te vermijden is ervoor gekozen om de **fysieke data als uitgangspunt te nemen**. Tegelijk geldt dat monetaire data in enkele gevallen zijn gebruikt om de fysieke data te valideren en op die manier belangrijke productielanden te identificeren. Fysieke data zijn immers niet altijd goed geregistreerd, terwijl monetaire data het hart vormen van elke handelsregistratie. Een aandachtspunt blijft datakwaliteit en het ontbreken van sommige landen in de hoeveelhedenstatistiek, iets dat op termijn kan worden opgelost door een slimme combinatie te maken van monetaire en fysieke data.

- De methode zorgt er voor dat kleine producenten onder de radar verdwijnen. In situaties dat kleine producenten op lokale schaal worden “overvleugeld” door een grote importstroom wordt deze productie niet geregistreerd in onze interpretatie. **Dit leidt tot een hogere indicator voor productieconcentratie dan in werkelijkheid het geval is.**
- Vanwege het vaak ontbreken van ruwe data over de handel van en naar Taiwan zijn, daar waar ze wel beschikbaar zijn deze data toegekend aan China. Daarmee heeft China schijnbaar een grotere productie in de door ons bewerkte dataset (NB: dit geldt ook voor handel van en naar “overig Azië”).
- Binnenlands gebruik wordt niet geregistreerd door het gebruik van handelsdata. Op het moment dat een land als China of de VS de nationale mijnbouw binnenlands verwerkt, valt deze buiten de door ons gekozen methode. In specifieke gevallen (met name in de mijnbouw) kan voor dit verschil worden gecorrigeerd door de werkelijke productiecijfers (bijvoorbeeld afkomstig van de US Geological Survey) als uitgangspunt te nemen. Juist de vergelijking van deze onafhankelijke bron met de handelsgegevens uit Comtrade geeft dan inzicht in het bestaan van een binnenlandse verwerking van de betreffende grond-

<sup>2</sup> <https://investor.factset.com/news-releases/news-release-details/factset-provide-european-commission-global-supply-chain-data>

<sup>3</sup> De VN-databank dient als een uitgebreide opslagplaats van gegevens van meerdere VN-agentenschappen. Het behandelt een breed scala aan onderwerpen, waaronder gezondheid, onderwijs, armoede, klimaatverandering en mensenrechten. Deze statistieken worden gebruikt voor wereldwijde monitoring van de Sustainable Development Goals (SDG's) en leveren bewijs voor beleidsformulering en -evaluatie.

<sup>4</sup> De data voor productie per land van de VN (UNIDO) is notoir onbetrouwbaar, bijvoorbeeld door de afwezigheid van China. Comtrade beschrijft wel de handelsrelaties met China

stof. Tegelijk kan worden gesteld dat door de focus juist te leggen op wat internationaal verhandeld wordt de mogelijkheden voor diversificatie beter aan het licht komen. Immers, indien een grondstof binnenlands wordt ingezet in een productieketen zal dit vaak plaatsvinden op basis van nabijheid, diepe ketenintegratie, nauwe en vertrouwde contacten en misschien overheidsbemoedienis. Dergelijke stromen zullen dan ook niet snel beschikbaar komen: gegevens over totaalaanbod van grondstoffen of halffabricaten kan daarmee een te optimistisch beeld schetsen van de vrije beschikbaarheid van dergelijke productgroepen.

Uit de beschreven analyse van Comtrade-gegevens (en enkele andere onafhankelijke databronnen) volgen dus gegevens over de herkomst van grondstoffen, materialen en producten op landniveau. In de te ontwikkelen methodiek zijn we op zoek naar kwetsbaarheden in leveringsketens: analoog aan de systematiek die eerder (door de EC en door TNO in 2015) is ingezet om kritikaliteit van grondstoffen vast te stellen, wordt hier **verondersteld dat het risico op leveringsproblemen groter wordt naarmate de concentratie van**

**bronlanden groter wordt en de kwaliteit van bestuur in die landen (bestuursvorm, corruptie, rechtsstatelijkheid, etc.) open en eerlijke vrijhandel belemmert.**

Op basis van die uitgangspunten worden twee analyses verricht:

- i. Bepaling van de Herfindahl-Hirschmann-index, de HHI, een algemeen aanvaarde mate voor productieconcentratie. De HHI wordt bepaald door de som van de kwadraten van de productieconcentratie. Een score boven de 2500 duidt op een duidelijke concentratie. Het theoretisch maximum (perfect monopolie) HHI is 10.000.
- ii. Bepaling van de gewogen gemiddelde World Governance Index (WGI)<sup>5</sup> per productgroep. Deze wordt berekend op basis van de WGI-score van een bepaald land te vermenigvuldigen met het aandeel van dat land in de productie van het betreffende materiaal of product. De som van alle bijdragen levert de ‘gemiddelde WGI’ voor een specifiek materiaal. De WGI-scores per land variëren van -2,5 voor de slechtst presterende landen tot +2,5 voor de best presterende landen. Ter illustratie staan in onderstaande Tabel 3 en Tabel 4 zowel de hoogste als de laagste scores.

10 beste WGI-scores		10 slechtste WGI-scores	
Finland	1,80	Somalia	-2,06
Denmark	1,77	South Sudan	-2,04
Norway	1,74	Yemen	-2,01
Switzerland	1,71	Syria	-1,97
New Zealand	1,71	Venezuela	-1,85
Luxembourg	1,67	Libya	-1,81
Singapore	1,65	Afghanistan	-1,68
Sweden	1,63	Eritrea	-1,62
<b>Netherlands</b>	<b>1,62</b>	Korea, Dem. Rep.	-1,61
Liechtenstein	1,58	Central African Republic	-1,55

Tabel 3: Hoogste en laagste WGI-scores

WGI-scores van enkele belangrijke productielanden			
China	-0,25	Zuid-Korea	0,99
Rusland	-0,70	België	1,19
Japan	1,34	Duitsland	1,43
Verenigde Staten	1,03	Chili	0,75

Tabel 4: WGI score, de maatstaf voor kwaliteit van bestuur zoals door de Wereldbank beoordeeld, voor belangrijke productielanden

Er is geen harde grens aan te geven voor een ‘goede’ of een ‘slechte’ WGI-score. Om een indicatie te geven in de ‘bottleneck-

analyse’ hanteren we de WGI-score van Bulgarije, het minst presterende EU-land, met een WGI-score van 0,13.

<sup>5</sup> Van <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#home>: "Deze gezamenlijke indicatoren zijn gevormd door de visies van een groot aantal ondernemingen, burgers en deskundigen als respondenten in onderzoeken in zowel geïndustrialiseerde landen als ontwikkelingslanden te combineren. Zij zijn gebaseerd op 31 afzonderlijke gegevensbronnen die zijn samengesteld door uiteenlopende onderzoeksinstituten, denktanks, niet-gouvernementele organisaties, internationale organisaties en het bedrijfsleven". De World Governance Indicator is gebaseerd op indicatoren voor 215 economieën, waarbij zes bestuur dimensies worden gemeten: Verantwoording en meetbaarheid; Politieke stabiliteit en afwezigheid van geweld; Overheids efficiëntie; Regelgevingskwaliteit; Rechtsstatelijkheid; Corruptiebestrijding. De WGI-score wordt bepaald op basis van het rekenkundig gemiddelde van deze 6 onderliggende scores.

Door voor elke productgroep en voor de producten in de leveringsketen de HHI tegen de gemiddelde WGI uit te zetten ontstaat een beeld van de grootste bottlenecks. Een grote bottleneck is een product met een hoge HHI (met name een HHI groter dan 2.500) en een lage WGI (met name lager dan 0,13). Een 'veilig' gebied kenmerkt zich dan door een lagere HHI en een betere (lees hogere) WGI-score. Dit wordt geïllustreerd in onderstaande Figuur 8, waarin het voorbeeld van zilvernitraat is genomen.

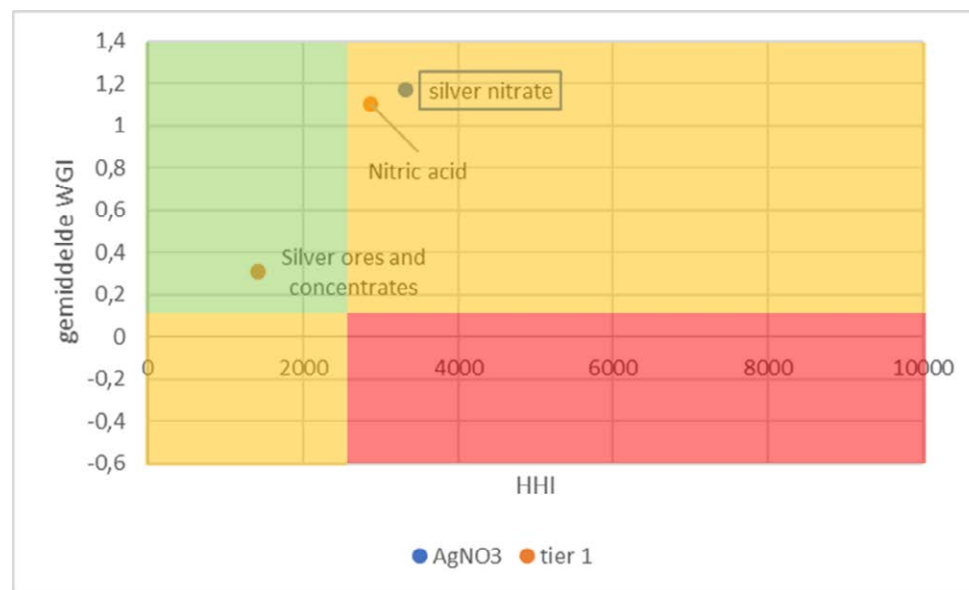
Uit de analyse blijkt vervolgens of zich in de leveringsketen van een specifieke productgroep (in het geval van de Figuur 8 zilvernitraat) materialen of componenten bevinden die een ongunstiger profiel hebben dan de productgroep in kwestie. In dat geval kan gesproken worden van een mogelijke bottleneck 'upstream' in de leveringsketen.

#### 4.5 Stap 3: Kwalitatieve analyse van relevantie van de onderzochte productgroep voor Nederland

Stappen 1 en 2 leveren een beeld van mogelijke knelpunten in leveringsketens van grondstof tot en met finale producten. In de laatste -kwalitatieve- stap van de analyse wordt gekeken naar de betrok-

kenheid van Nederland bij productie van en handel in deze productgroep (en dus de leveringsketens en de eventuele bottlenecks daarin). Dit wordt gedaan door voor elke productgroep te kijken naar de import naar en export uit Nederland en de verhouding van die import en export t.o.v. de wereldwijde handel zoals deze uit o.a. Comtrade gehaald kan worden<sup>6</sup>. **Daarbij is de gedachte dat een relatief grote (netto)import (dus t.o.v. het aandeel van Nederland in de wereld economie en t.o.v. de Nederlandse export) van een productgroep duidt op een significante 'downstream' activiteit (of consumptie) in Nederland en een grotere gevoeligheid voor eventuele bottlenecks in de hele keten.** Een relatief grote netto-export (oftewel: aanzienlijk meer uitvoer dan invoer) van een productgroep duidt op een waardetoevoegende activiteit voor die productgroep in Nederland en dus een grotere gevoeligheid voor bottlenecks vanaf de tier 1 leverancier.

Daarbij is een waardevolle aanvullende databron de ProdCom databank van Eurostat. Daar waar Comtrade alleen grensoverschrijdende handel beschrijft, zijn in ProdCom gegevens verzameld over Europese productie. Prodcom' komt van het Franse 'PRODUCTION COMMUNAUTAIRE' (Community Production). Het biedt



**Figuur 8:** casestudie resultaat dat HHI ("marktconcentratie") en WGI ("kwaliteit van bestuur") van voor casestudie relevante productgroepen illustreert

statistieken over de productie van industriële goederen door ondernemingen in EU-landen en beslaat een breed scala aan NACE-codes ('Statistische classificatie van economische activiteiten in de EU'). ProdCom hanteert geen GS/GN classificering, maar een gedetailleerde productgroep classificatie genaamd CPA/PRODCOM. De mate van detail is vergelijkbaar, hoewel het aantal

productgroepen in de GS/GN classificatie net iets hoger is. Ook in ProdCom zijn de monetaire data betrouwbaarder dan de data over fysieke eenheden. Daarnaast lijdt PRODCOM onder het gegeven dat om reden van confidentialiteit de data op landenniveau regelmatig niet wordt gepubliceerd, namelijk als de nationale productiecijfers direct te herleiden naar één of twee bedrijven.

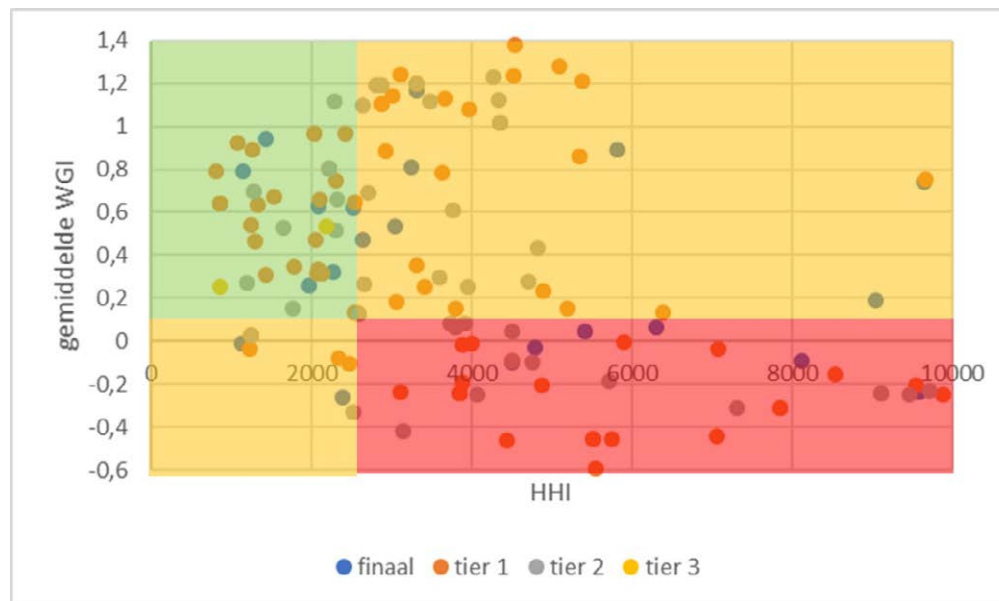
<sup>6</sup> Hierbij wordt gebruik gemaakt van de import- en exportgegevens zoals deze gerapporteerd worden door de OEC, de Observatory of Economic Complexity, <https://oec.world>

## 5 Strategische keten-afhankelijkheden op nationaal niveau: twintig casestudies

### 5.1 Resultaten van twintig casestudies: een samenvattend overzicht

De twintig casestudies zijn weergegeven in Bijlage 4. Per casestudie wordt ingegaan op de geïdentificeerde productgroepen in de leveringsketen, de analyse van concentratie en aard (via de gemiddelde WGI-score) van bronlanden, de applicaties, import- en exportgegevens en (in meeste gevallen) opmerkingen betreffende bedrijven die betrokken zijn bij productie van de betreffende productgroep.

In Figuur 9 is een **samenvattend overzicht gegeven** van de HHI- en gemiddelde WGI-score van alle 20 geselecteerde productgroepen en productgroepen die upstream in tier 1 en tier 2 geïdentificeerd zijn. Deze zijn weergegeven in de vier kwadranten die in paragraaf 4.4 zijn geïntroduceerd. Wat gelijk opvalt is dat de combinatie van hoog geconcentreerde productie (HHI > 5.000) en een gunstige WGI-score weinig voorkomt, evenals de combinatie van een laag geconcentreerde productie en een ongunstige gemiddelde WGI-score. Er is duidelijk een aantal producten (met name 1st tier componenten) die in het kritieke kwadrant vallen: een hoge productieconcentratie in landen met een ongunstige WGI-score.



Figuur 9: impressie scores alle productgroepen (casestudies, 1st tier en 2nd tier)



De resultaten voor de geselecteerde twintig productgroepen zijn samengevat in onderstaande Tabel 5. Hier wordt een alternatieve kleurcodering gebruikt: roze staat voor een ongunstige combinatie van WGI- en HHI-score, blauw voor een middelmatige combinatie en groen voor een gunstige combinatie.

De **grotere kwetsbaarheden** in deze selectie zitten bij PV-panelen. Lithium-ion batterijen, permanente magneten en enkele chemicaliën. Voor de eerste drie producten is de rol van China als producent dominant. Voor een aantal conventionele producten zoals motoren is de wereldproductie aanzienlijk evenwichtiger verdeeld en deels in OECD-landen belegd. Voor de meeste producten met een zeer hoge HHI is de grootste bottleneck te vinden bij het stadium van het product zelf (tier “0”, in de tabel aangeduid als “Product”). De 1<sup>st</sup> en 2<sup>nd</sup> tier leverantie is (zeker ook omdat de productie van de finale producten niet in Nederland plaatsvindt) in deze gevallen minder relevant om te monitoren.

Productgroep	GS/GN	HHI	Gem. WGI	Bottleneck (product, 1st of 2nd tier)
Fosforzuur	280920	2.586	-0,114	1st tier
Titaniumdioxide (TiO2)	282300	2.261	0,323	2nd tier
Molybdenum oxides	282570	3.243	0,809	Product
Kalium nitraat	283421	5.232	0,652	1st tier
Lithium carbonaat	283691	9.646	0,743	1st tier
Boraten	284019	4.505	-0,100	Product
Zilvernitraat	284321	3.315	1,169	1st tier
thiophosphoric esters	292019	6.295	0,064	1st tier
Chlooramfenicol	294140	8.116	-0,095	Product
Kunstmest: mono ammonium fosfaat	310540	2.388	0,262	1st tier
Synthetisch isopreenrubber (IR)	400260	4.793	-0,030	Product
Platstaal	721933	1.968	0,260	1st tier
Zuigermotoren	840731	2.513	0,622	2nd tier
Electrische motoren en generatoren: DC, 75kW < output < 375kW	850133	1.141	0,794	2nd tier
Transformatoren; liquide diëlektrica, tussen 650kVA en 10,000kVA	850422	1.121	-0,014	1st tier
Permanente magneten	850511	9.040	-0,188	Product
Nikkel-metaal hydride batterijen	850750	5.810	0,891	2nd tier
Lithium-ion batterijen	850760	5.419	0,043	1st tier
PV panelen	854140	9.581	-0,238	Product
Optische apparaten en instrumenten	901380	1.422	0,942	1st tier

● Ongunstige combinatie van WGI- en HHI-score
 ● Middelmatige combinatie
 ● Gunstige combinatie

Tabel 5: overzicht resultaten twintig casestudies

Op basis van de Comtrade data is voor de twintig geselecteerde productgroepen ook gekeken naar de monetaire waarde van de Nederlandse import en export. Door deze te vergelijken ontstaat (via dezelfde redenering als is gevolgd bij de zoektocht naar productielanden voor 1<sup>st</sup> en 2<sup>nd</sup> tier leveranciers) een indicatie van mogelijk Nederlandse productie en belang (Deze indirecte methode is gevolgd omdat de beschikbare ProdCom-data te weinig informatie verschaffen over deze productgroepen; zie bijlage 4). Naast deze vergelijking tussen import en export is **ook gekeken naar het aandeel van deze Nederlandse handel** t.o.v. de wereldwijde handel (data verkregen via OEC). Deze kan dan vergeleken worden met het aandeel van het Nederlandse GDP t.o.v. het wereldwijde GDP. In 2022 bedroeg het Nederlandse GDP 991 miljard \$, oftewel 0,98% van het wereldwijde GDP<sup>7</sup>. De resultaten van beide analyses staan gegeven in onderstaande Tabel 6. De kleurcodering van de producten is dezelfde als in Tabel 5 (groen: minste risico; roze: meeste risico).

GS/GN code	Product	Import (\$)	Export(\$)	Wereldhandel (\$) (OEC)	Aandeel NL import	Aandeel NL export
280920	Fosforzuur	342.415.087	315.477.347	6.000.000.000	5,7%	5,3%
282300	Titaniumdioxide	21.194.501	21.288.311	970.000.000	2,2%	2,2%
282570	Molybdenumoxides	3.886.562	140.614.671	646.000.000	0,6%	21,8%
283421	Kaliumnitraat	214.878.619	145.176.239	912.000.000	23,6%	15,9%
283691	Lithiumcarbonaat	200.419.048	210.171.735	1.470.000.000	13,6%	14,3%
284019	Boraten	7.075.327	9.493.072	855.000.000	0,8%	1,1%
284321	Zilver nitraat	82.615.590	75.458.586	341.000.000	24,2%	22,1%
292019	Esters; thiophosphoric esters	6.642.248	6.914.464	142.000.000	4,7%	4,9%
294140	Chlooramfenicol	3.151.978	2.212.183	238.000.000	1,3%	0,9%
310540	Kunstmest: mono ammonium fosfaat	59.817.256	20.549.983	8.980.000.000	0,7%	0,2%
400260	Synthetisch isopreen rubber (IR)	12.018.883	28.473.555	973.000.000	1,2%	2,9%
721933	Platstaal	385.391.907	154.974.629	9.790.000.000	3,9%	1,6%
840731	Zuigermotoren	98.489	198.895	99.800.000	0,1%	0,2%
850133	Electrische motoren en generatoren: DC, 75kW < output < 375kW	2.738.553	3.873.539	362.000.000	0,8%	1,1%
850422	Transformatoren; liquide diëlektrica, tussen 650kVA en 10,000kVA	29.594.818	26.602.172	2.030.000.000	1,5%	1,3%
850511	Permanente magneten	103.000.744	88.359.682	5.410.000.000	1,9%	1,6%
850750	Nikkel-metaal hydride batterijen	44.731.018	55.127.629	2.260.000.000	2,0%	2,4%
850760	Lithium-ion batterijen	2.021.531.142	1.132.695.316	63.000.000.000	3,2%	1,8%
854140	PV panelen	5.693.390.383	4.161.562.323	70.000.000.000	8,1%	5,9%
901380	Optische apparaten en instrumenten	47.858.642	57.336.465	43.200.000.000	0,1%	0,1%

● Meeste risico    ● Middelmatig risico    ● Minste risico

Tabel 6: aanvullende handelsanalyse bij casestudies

7 Bron: World Bank

Uit een vergelijking van het aandeel import en export t.o.v. de wereldhandel blijkt de sterke rol van Nederland in **handel en wederuitvoer**: voor tal van producten geldt dat de export nagenoeg even groot is als de import, en bovendien geldt voor veel producten ook dat deze percentages hoger zijn dan het aandeel van Nederland in het wereldwijde GDP.

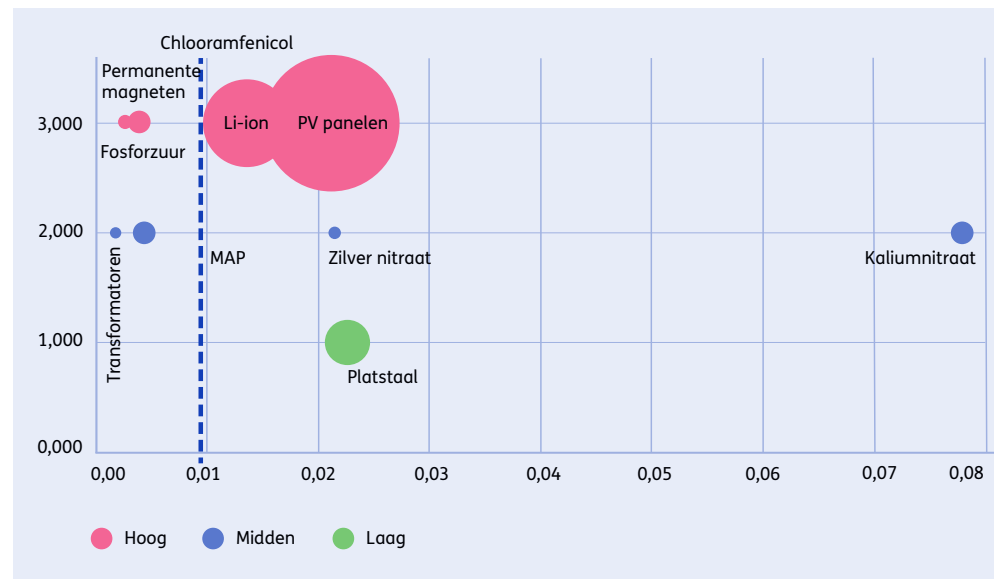
Voor een aantal producten wijzen de cijfers op binnenlands gebruik of binnenlandse consumptie: de waarde van de import is in die gevallen (soms aanzienlijk) groter dan de exportwaarde. Dit geldt o.a. voor PV-panelen, platstaal, kaliumnitraat (met overigens een enorm aandeel in de totale wereldhandel via Nederland), MAP-kunstmest en chlooramfenicol.

Overigens wil een ongeveer even grote import als export niet per se zeggen dat het hier wederuitvoer en handel alleen betreft. Zeker voor GS/GN-codes die bredere productgroepen bestrijken (platstaal, motoren, transformatoren) kan import van bepaalde subcategorieën plaatsvinden naast export van andere subcategorieën. Een betere detaillering van dergelijke 6-digit-classificaties zou daar licht op kunnen werpen, maar deze zijn slechts zeer sporadisch beschikbaar op een manier die een vergelijking met de wereldhandel mogelijk maakt.

Slechts voor enkele producten wijzen deze cijfers op een aanzienlijk binnenlandse productie (oftewel: grotere exportwaarde dan importwaarde): dit geldt m.n. voor molybdeenoxides en isopreenrubber. In de beschrijvingen van de case studies werd voor deze producten al gemeld dat dit voor molybdeenoxide wordt veroorzaakt dat de aanwezigheid van ClimaxMolybdenum, dat als onderdeel van een wereldwijd concern, molybdeenoxide-produceert in Rozenburg (Botlek). Voor isopreen werd gewezen op de aanwezigheid van enkele producenten van isopreen rubber, zoals een vestiging van Kuraray in Zwijndrecht of EKI in Nijmegen.

Enkele producten worden relatief weinig geïmporteerd t.o.v. de Nederlandse economie. Dit geldt o.a. voor zuigermotoren en optische apparaten en instrumenten. In het geval van zuigermotoren zal dit veroorzaakt kunnen worden door een geringe productiecapaciteit voor apparatuur waar deze motoren voor worden ingezet.

Een combinatie van gegevens uit de kwetsbaarheidsanalyse op basis van HHI en WGI (zoals in Tabel 5) en handelsgegevens rond import en export (zoals in Tabel 6) geeft additioneel inzicht in de zowel de kwetsbaarheid van bepaalde productgroepen als het mogelijke belang voor de Nederlandse economie. Een



Figuur 10: Kwetsbaarheid versus netto-import

voorbeeld, gericht op die productgroepen waar een netto-import plaatsvindt is te vinden in Figuur 10. In deze figuur staat op de x-as de netto-import (oftewel: de gerapporteerde import – gerapporteerde export) als deel van de wereldhandel in die productgroep (uit Tabel 6) en op de y-as de kwetsbaarheid van de case studies (voor zover daar netto-import aanwezig was) weergegeven als 1 (=laag/groen), 2 (=midden/blauw) en 3 (=hoog/roze).

De grootte van de ‘bubbels’ is een maat voor de absolute waarde van de netto-import. Daarnaast is met een stippellijn het aandeel van Nederland in het wereld-GDP als referentie gegeven. Uit de combinatie van gegevens blijkt (als voorbeeld) dat we zowel in relatieve als in absolute zin grote en kwetsbare importstroom PV-panelen kennen, terwijl de relatief grote importstroom platstaal veel minder kwetsbaar is.

### 5.2 De situatie rond kritieke grondstoffen

Alhoewel deze studie inzoomt op ketenrelaties, is een aantal keer expliciet gekeken naar de onafhankelijk beschikbare (d.w.z. los van handelsdata) gegevens over grondstofwinning die met name door de US Geological Survey wordt gemonitord en gerapporteerd. In enkele case studies wordt betoogd dat het inzicht biedt door deze USGS cijfers te vergelijken met de handelsdata over export van grondstoffen. Immers, de verschillen kunnen wijzen op een binnenlands gebruik van die grondstoffen, waardoor ze niet in handelsstatistiek verschijnen.

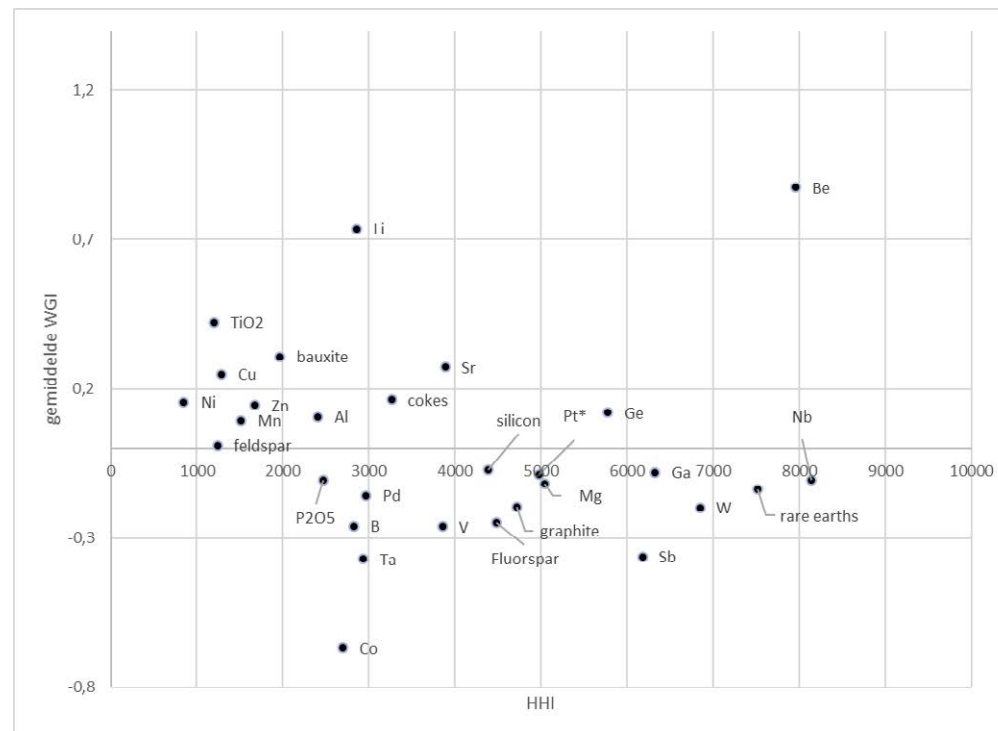
Op basis van gegevens uit de USGS en gebruikmakend van dezelfde indicatoren als bij het vaststellen van bottlenecks in leveringsketens, is een overzicht gemaakt van de kwetsbaarheden waar het de

levering van grondstoffen betreft. Dit overzicht is te vinden in onderstaande figuur. Hier worden de grondstoffen getoond die in de recent gepubliceerde CRM Act (Europese Commissie 2023b) genoemd werden als CRM (Critical Raw Materials) en SRM (Strategic Raw Materials).

Op basis van dezelfde grenswaarden als eerder geïntroduceerd (HHI > 2.500; gemiddelde WGI < 0,13) kwalificeren **veel van de in dit overzicht meegenomen grondstoffen** zich als kwetsbare onderdelen van leveringsketens. Vanzelfsprekend kan op basis van gegevens uit de USGS m.b.t. wereldwijde reserves en recente analyses van het IEA<sup>8</sup> m.b.t. in ontwikkeling zijnde mineraalexploraties een dergelijk overzicht ook worden gecreëerd over te verwachten kwetsbaarheden, indien deze voorraden daadwerkelijk tot exploratie komen.

Zeldzame aardmetalen	Grafiet	Vanadium (V)	Silicon
Niobium (Nb)	Fluorspar	Platina (Pt)	Wolfraam (W)
Antimoon (Sb)	Kobalt (Co)	Palladium (Pd)	Strontium (Sr)
Gallium (Ga)	Tantaal (Ta)	Cokes	Magnesium (Mg)
Germanium (Ge)			

Tabel 7: grondstoffen die grenswaarden voor marktconcentratie/HHI en governance/WGI score in negatieve zin passeren



Figuur 11: overzicht van grondstoffen uitgezet op dezelfde assen als Figuur 7: HHI (“marktconcentratie”) en WGI (“kwaliteit van bestuur”).

In vervolgonderzoek zal aandacht geschonken kunnen worden aan de specifieke rol die deze SRMs en CRMs spelen in voor Nederland relevante leveringsketens. Op die manier kan een bijdrage geleverd worden aan een specifiek Nederlandse inzet bij de verdere ontwikkeling en implementatie van de CRM Act.

8 IEA - Critical Minerals Market Review 2023

## 6 Discussie en conclusies

Voor inzicht in en aanpak van de kwetsbaarheid rond strategische ketenafhankelijkheden is een gedegen, transparante en replicerbare methode nodig om inzicht te krijgen in de leveringsrisico's die gepaard gaan met productgroepen in onze economie. De eventuele aanwezigheid van kritieke bottlenecks en de positie daarvan in de keten bepaalt mede het handelingsperspectief van overheden en bedrijven. **De kern van dit rapport beschrijft een nieuwe methodiek om ketenafhankelijkheden in beeld te brengen op basis van publieke data.**

Er is een **methode geïntroduceerd waarmee** in principe voor elke productgroep op het detailniveau van 6- of 8-digit GS/GN groepen een **prioritering van die risico's m.b.t. leveringszekerheid** kan worden gemaakt<sup>9</sup>. Voor een analyse van risico's is het goed te beseffen dat risico's zich op verschillende plekken in een leveringsketen kunnen manifesteren. De methode in dit rapport is ingezet om de kwetsbaarheid van verschillende stappen in productieketens te laten zien. In de onderzochte gevallen ligt de grootste

kwetsbaarheid zowel bij de onderzochte productgroep zelf ("tier 0"), als bij toeleverende productgroepen op 1<sup>st</sup> als op 2<sup>nd</sup> tier-niveau.

Samengevat komt de methode neer op:

- het vaststellen van de **productielocaties** (op het niveau van landen) voor de te onderzoeken productgroepen en een aantal materialen en componenten<sup>10</sup> die direct (1st tier) of indirect (2nd tier) wordt ingezet bij de productie van de te onderzoeken productgroep<sup>11</sup>
- het bepalen van de **productieconcentratie** aan de hand van de Herfindahl-Hirschmann-index (HHI; sommatie van kwadraat van productieconcentratie); in deze studie worden productgroepen met een HHI hoger dan 2.500 als kwetsbaar beschouwd;
- het bepalen van de 'gemiddelde world governance index (WGI) van producten en hun herkomst op basis van de WGI van de geïdentificeerde productielanden; in deze studie worden productgroepen met een gemiddelde WGI lager dan 0,13 (de WGI van Bulgarije) als kwetsbaar beschouwd;

- het bepalen van de **netto-import of netto-export** van Nederland ten opzichte van het aandeel van het GDP van Nederland in de wereldwijde GDP. In deze studie is ervan uitgegaan dat een relatief groot aandeel in import of export (> 1% van de wereldhandel) een aanwijzing is voor een grotere betrokkenheid van Nederland en dus een grotere impact van leveringsonderbreking van de onderzochte productgroep of van een product(groep) die zich in de productieketen van de onderzochte productgroep bevindt.

Deze methode maakt gebruik van **publieke databronnen**, waardoor het mogelijk is de zoektocht naar ketenrelaties en de analyse van bottlenecks te standaardiseren. **Hierdoor is een verdieping en uitbreiding t.o.v. de hier verkende 20 cases mogelijk.** Daarmee zou een meer omvattend beeld van 'input-output-relaties' tussen alle productgroepen (op 6 of 8-digitniveau) mogelijk worden.

<sup>9</sup> Het grotere detailniveau van 8-digit geniet daarbij de voorkeur, maar de essentiële data over import en export op wereldschaal zijn voorlopig alleen in 6-digit detailniveau te krijgen.

<sup>10</sup> Bij de analyse van ketenafhankelijkheden is gestreefd naar een analyse van een aantal kenmerkende, illustratieve en op 6-digit-niveau herkenbare productgroepen in de productieketen; de analyse in dit rapport levert nadrukkelijk geen volledige analyse van de productieketen op.

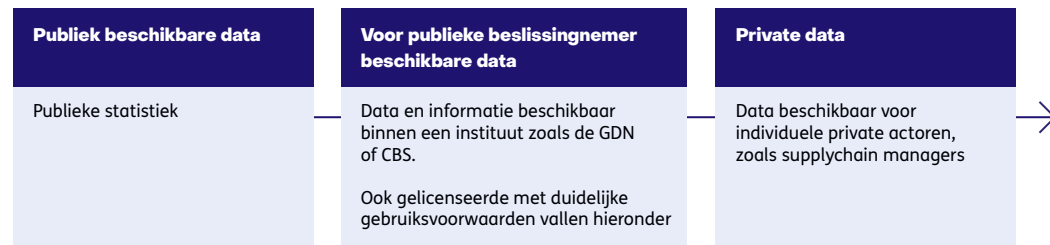
<sup>11</sup> Het is theoretisch mogelijk om 3rd en 4th tier relaties te vinden, maar het aantal productgroepen dat een rol speelt op dit niveau neemt exponentieel toe indien volledigheid wordt nagestreefd, terwijl de kans op invloed erop afneemt. Een dergelijke diepgang is alleen aan te raden in het geval een specifieke urgentie blijkt of informatie op specifiek bedrijfs- of productniveau vereist is.

In dit rapport is de identificatie van ketenrelaties nog met **'klassieke' desk research** verricht. Voor het valideren van de methode is daarbij gekozen om nog niet voorbij tier-2 ("leverancier van de leverancier") te gaan. Zoals in hoofdstuk 6 aangegeven is het aantal schakels echter niet verbonden aan fundamentele belemmeringen: ontwikkelingen rond AI, de inzet van commerciële databases, de (op termijn) introductie van productpaspoorten en aanvullingen met inzichten uit 1-op-1-interviews met betrokken productiebedrijven zullen bijdragen tot bredere en diepere inzichten in de ketens en in de mogelijkheden de kwetsbaarheden in die ketens te analyseren (Zie Figuur 12). Een **goede inbedding in een vertrouwelijke en op continuïteit gerichte organisatievorm** is wel een vereiste om dergelijke informatie te kunnen verkrijgen en goed in te kunnen zetten. We komen hier in het volgende hoofdstuk 7 op terug.

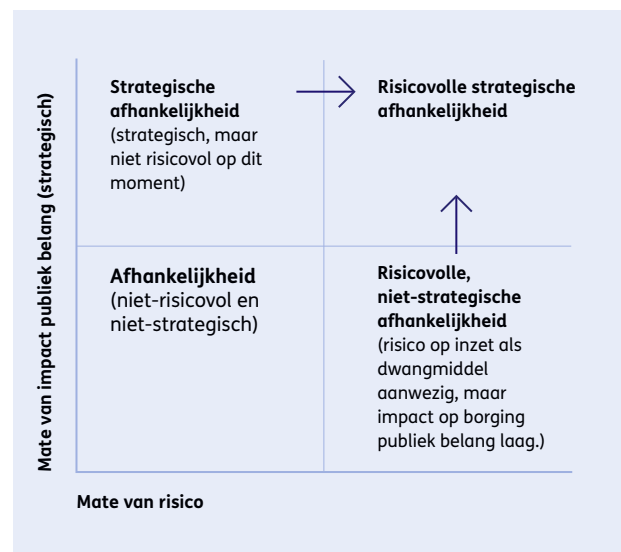
De impact van betere analyses van ketenafhankelijkheden ligt op het introduceren en vervolgens onderdeel zijn van een aanpak rond risicovolle strategische afhankelijkheden (zoals bijvoorbeeld in Figuur 13).

Bij dit afwegingskader doen strategische afhankelijkheden zich voor in een sector die cruciaal is voor het borgen van publieke belangen van Nederland en/of de EU, en die een risico vormt voor de continuïteit van vitale processen of de toegang tot gevoelige informatie voor derden. Dat betekent ook dat nader onderzoek naar dergelijke afhankelijkheden niet 'zomaar' elke productgroep (en zijn leveringsketen) hoeft te omvatten. Een selectie van productgroepen op basis van acuut en strategisch publiek belang kan parallel plaatsvinden (zie ook het afwegingskader van de Geo-economische monitor; paragraaf 2.6, Figuur 4 op bladzijde 13).

Bij de vaststelling van wat **risicovolle** strategische afhankelijkheden zijn speelt het risico op verstoringen een cruciale rol. Dat risico hangt onder meer af van marktconcentratie, de mogelijkheid van substitutie, de aard en betrekkingen met het land en de wederzijdse afhankelijkheden.



Figuur 12: Data op drie toegankelijkheid niveaus voor het in kaart brengen strategische afhankelijkheden



Figuur 13: Afwegingskader risicovolle, strategische afhankelijkheden

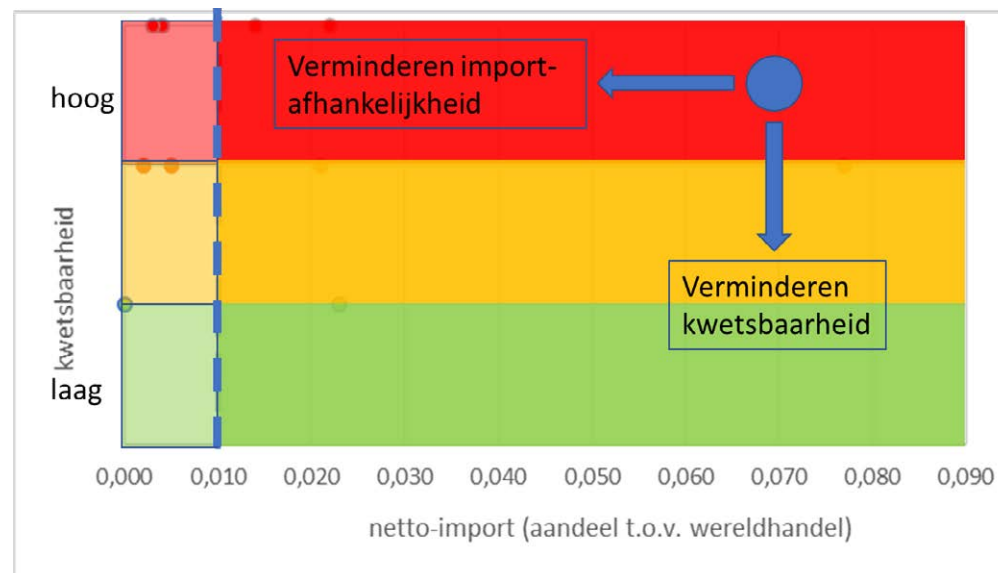
De analyse in deze studie (op het detail-niveau van publieke data) geeft invulling aan de behoefte aan inzicht in zulke risico's. Dat kan geïllustreerd worden aan de hand van Figuur 14. Deze figuur is gebaseerd op Figuur 10: hierin wordt een importafhankelijkheid als belangrijker beschouwd als de Nederlandse import relatief meer is dan het aandeel van Nederland in het wereld-GDP (1%), en wordt import als meer risicovol gezien als het een productgroep betreft met een hoge productieconcentratie (HHI > 2.500) en een lage gemiddelde WGI-score van de producerende landen (NB: de as 'importafhankelijkheid' wijst op economische afhankelijkheid; in andere analyses zou dit ook de volksgezondheid of nationale veiligheid kunnen betreffen). In dit geval bevinden belangrijkere importstromen met hogere leveringsrisico's zich in het donker-rode veld. **Rangschikking van producten of materialen en half-fabrikaten in een dergelijke figuur kan leiden tot een prioritering van mogelijke risicovolle, strategische afhankelijkheden:** hoe groter de importafhankelijkheid in het 'rode' domein, hoe meer prioriteit gegeven zou kunnen worden aan preventie en mitigatie.

Vervolgacties vanuit de overheid zouden zich moeten richten op eventuele **preventie en mitigatie** van de vastgestelde risico's. Deze vervolgacties kunnen liggen

op het vlak van verminderen van de risico's (zoals beschreven in de Nationale Grondstofstrategie) of van de mate waarin het publiek belang geschaad wordt als gevolg van leveringsonderbrekingen.

De hier geïntroduceerde methode biedt een framework voor het inschatten van de impact van mitigerende acties, zoals ze bijvoorbeeld in de Nationale Grondstoffenstrategie (NGS) zijn verwoord. Het inzetten op 'eigen' processing en het verminderen van consumptie via effectieve circulaire maatregelen (zoals verlenging van levensduur) vermindert de importafhankelijkheid bij (min of meer) gelijkblijvende risico-inschatting van het betreffende product (pijl naar links). Het actief inzetten op diversificatie (door investeringen in processing of mijnbouw in meer locaties) of het verbeteren van de 'due diligence' van bronlanden vermindert de risico's bij min of meer gelijkblijvende importafhankelijkheid. Het actief stimuleren van substituten van de risicovolle, strategische afhankelijkheid kan invloed hebben op beide aspecten: een kleinere importafhankelijkheid van het substituuat en een vermindering van de risico's t.a.v. het substituuat.

Daarmee is de in deze studie voorgestelde systematiek in principe ondersteunend



Figuur 14: Risico-inschatting en mitigatie-opties

aan zowel de risico-analyse zelf als de inschatting van de impact van mitigerende acties.

Deze studie maakt verder duidelijk dat het mogelijk is bottlenecks in de hele keten op te sporen. In het rapport wordt al aangegeven dat de huidige analyse niet veel verder gaat dan de tier-2 ("leverancier van de leverancier"). Het nader uitwerken van de leveringsketen is geen fundamenteel andere activiteit, maar

vergt meer detailinzicht en dus middelen per productgroep. Bovendien zijn de nu ingezette publieke data (6-digit-niveau) niet altijd toereikend om betekenisvolle details over componenten of materialen te achterhalen.

Direct ingrijpen in of controle hebben over stappen vanaf de "2nd tier" is lastig voor zowel overheden als bedrijfsleven. Maar inzicht in die stappen 'stroomopwaarts' in de keten is wel essentieel

als dat stevige bottlenecks betreft voor productgroepen die van groot publiek belang zijn. Als voorbeeld: gallium en germanium worden in ons land niet in die vorm verwerkt, maar een exportrestrictie door China kan componentleveranciers raken waar Nederland weer van afhankelijk is. Op basis van dat inzicht kan Nederland wel internationale (EU-) actie rond deze thema's aansnijden of ondersteunen.

Kortom: strategische ketenafhankelijkheden kunnen de komende jaren beter in beeld worden gebracht, om beslissingen over eventuele interventies van overheden in deze ketens effectief te ondersteunen.

### **Substitutie, een complex fenomeen**

Het begrip substitutie speelt een belangrijke rol in veel kritikaliteitsstudies en bij het mitigeren van leveringszekerheidsproblemen. Op deze plaats een nadere beschouwing van 'substitutie'.

Op de eerste plaats moeten we stilstaan bij de definitie van het begrip zelf. Op het hoogste niveau betreft substitutie vanzelfsprekend allerlei vormen van 'vervanging'. Maar er is een groot verschil in de wijze waarop dat wordt geïnterpreteerd. In de analyse van ketenafhankelijkheden door de EC (zie paragraaf 2.3) wordt substitueerbaarheid gezien als de mate waarin de Europese productie de import van één en hetzelfde product kan overnemen. Een dergelijke definitie wordt ook gehanteerd door QuantumDelta in hun kwetsbaarheidsanalyse van toekomstige quantumtechnologie: EU-substitutability wordt hier gezien als de mate waarin EU-landen de productie van kritieke assets kan overnemen (zie paragraaf 7.1).

Bij het vaststellen van de zgn. CRM-lijst door het JRC wordt substitutie van kritieke grondstoffen gezien als de mate waarin directe vervanging van een bepaalde (kritieke) grondstof door een andere grondstof kan plaatsvinden, rekening houdend met een zeker, acceptabel verlies van functionaliteit.

In het Europese project CRM\_Innonet (2013-2015) werd een bredere definitie van substitutie uitgewerkt, zoals Substance4substance (pure grondstof- en materiaalsubstitutie), Product-4Product (ander product dat dezelfde functie vertolkt, zoals een 'conventionele' windturbine i.p.v. een windturbine op basis van permanente magneten) en Functie4Functie (verschillende vormen van energietechnologie).

Bij het mitigeren van risico's is het overwegen van elk van deze vormen van substitutie relevant. Belangrijke overwegingen daarbij zijn de mate waarin de cost-performance-penalties optreden en het tempo waarop de substitutie geïmplementeerd kan worden. Verder lijkt substitutie een bij uitstek door goed geïnformeerd bedrijfsleven geïmplementeerd te moeten worden en een klein handelingsperspectief voor de overheid te kennen.



## 7 Hoe verder?

### Verbreding, verdieping en continuïteit van onderzoek naar strategische afhankelijkheden

De hier gerapporteerde verkenning geeft zicht op een solide methode om kwetsbaarheden in ketens op te sporen. Zicht op bottlenecks verhoogt bewustzijn van onze kwetsbaarheden en geeft richting aan beleidsopties om deze kwetsbaarheden zo nodig te verminderen. Daarbij bieden enkele externe ontwikkelingen, zoals de ontwikkeling van de CRM Act, extra aanleidingen voor het verbreden en verdiepen van onderzoek naar strategische afhankelijkheden. In dit hoofdstuk beschrijven we een aantal richtingen waarin kwetsbaarheidsanalyse gericht op ketens en open strategische autonomie zich zou kunnen ontwikkelen.

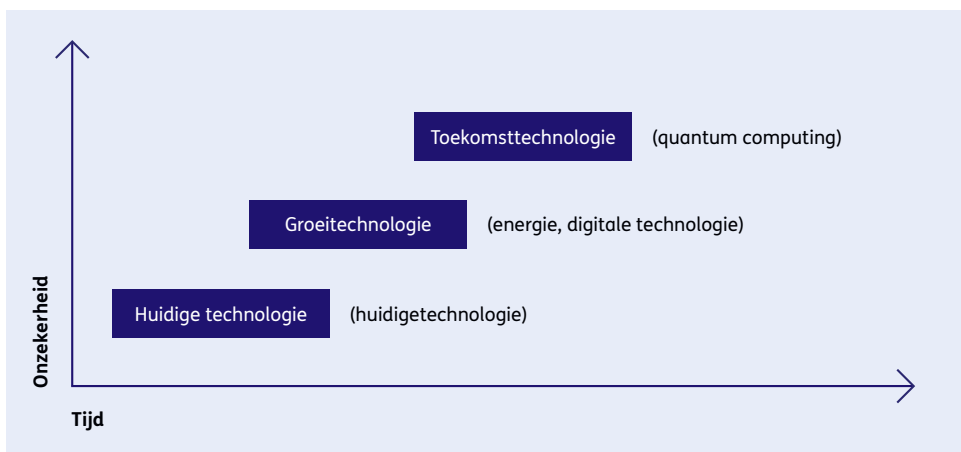
#### 7.1 Van huidige economie naar verdienvermogen (nu en in de toekomst)

De verkenning in deze studie richt zich uitdrukkelijk op bestaande industrie, bestaande leveringsketens en bestaande handelsstromen. Dit komt omdat statistische data (ondanks alle onvolkomenheden daarin) beschikbaar zijn en dat jaarreeksen gemonitord kunnen worden. Nadeel is dat die focus (en het gebruik van deze data en methode) geen antwoord kan geven op toekomstige ontwikkelingen (zie Figuur 15) van technologie waarvan vaststaat dat die sterk zal groeien (denk aan digitale

technologie of technologie t.b.v. de energietransitie) of van technologie die verder in de toekomst ligt en waarvan geen definitief beeld bestaat van noodzakelijke productgroepen in de leveringsketen.

Het middelste blauwe blok illustreert ontwikkelingen die te maken hebben met op zich al bestaande, maar zich in **rap tempo ontwikkelende** ketens zoals op het gebied van de energietransitie. Daar zal de infrastructuur voor de productie, het transport, de opslag en de conversie en het gebruik van hernieuwbare energie (lees: elektriciteit) een grote hoeveelheid materialen, componenten en finale producten nodig hebben. Daarvoor wordt zowel op mijnbouwgebied als op het gebied van industriële waardeketens momenteel veel geïnvesteerd. De gevolgen daarvan voor de analyse van kritikaliteit zal gebaseerd moeten worden op inzichten in gezaghebbende roadmaps en industriepannen (aan de supply- en demandzijde). Vervolgens kan vanzelfsprekend wel worden gebruik gemaakt van de hier voorgestelde methodiek om de risico's in kaart te brengen

Het blok rechtsboven Figuur 14 geldt voor 'toekomsttechnologie' die nog niet marktrijp is, maar waar wel van verwacht wordt dat het een bijdrage gaat leveren aan ons toekomstig verdienvermogen. Er is thans nog minder beschikbaarheid van actuele data over deze technologieën. Een sprekend voorbeeld daarvan is de ontwikkeling van quantumcomputers. In Nederland wordt die ontwikkeling geleid door het consortium QuantumDelta. QuantumDelta heeft zich inmiddels gerealiseerd dat ook deze ontwikkeling mogelijke kwetsbaarheden in zich heeft en heeft daarom een analyse verricht naar de kwetsbaarheden in de fysieke leveringsketen van een aantal in ontwikkeling zijnde quantumcomputer platforms. Dat onderzoek kan vanzelfsprekend niet op handelsdata of kwantitatieve roadmaps plaatsvinden; hier is gekozen voor diepte-interviews met specialisten uit de onderzoekswereld. De resultaten zijn inmiddels gepubliceerd en mogen zich in een warme belangstelling verheugen in binnen- en buitenland. Het eerste resultaat wordt weergegeven in onderstaande Figuur 16.



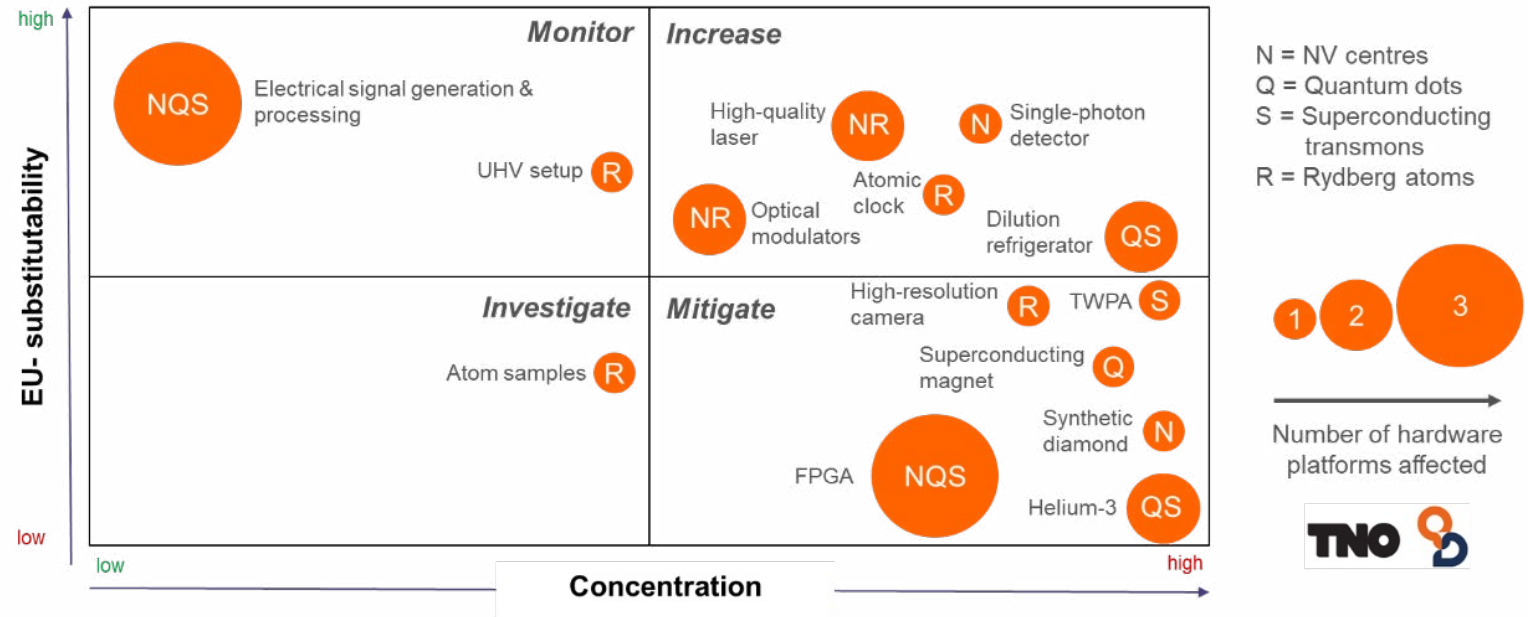
**Figuur 15:** drie fundamenteel verschillende typering van technologie op een tijdschaal, die een fundamenteel verschillende groei van strategische afhankelijkheden impliceren

Voor een viertal in ontwikkeling zijn de platforms (zie legenda rechts) is gekeken naar het aantal mogelijke leveranciers en hun marktaandeel. Een klein aantal leveranciers zorgt voor een hoge concentratie (x-as).

Vervolgens is gekeken naar de zogenaamde EU-substitutability: deze geeft een indicatie van het potentieel om een substituuat voor een component te verkrijgen. In dit geval betekent een hoge substitueerbaarheid dat de EU zelf de capaciteit heeft een dergelijke substituuat te produceren.

Alhoewel dit een strikt kwalitatieve methode betreft is de aanpak analoog: in dit geval kan substitueerbaarheid worden geïnterpreteerd als een combinatie van bestuurskwaliteit van bronlanden in combinatie met de technologische capaciteiten van die landen.

Deze analogie maakt het voor de hand liggend in de toekomst alle drie de 'niveaus' (huidige technologie, groei-technologie, toekomsttechnologie) op vergelijkbare wijze te behandelen en er op overeenkomstige wijze over te publiceren.



Figuur 16: strategische afhankelijkheden van quantum computing op basis van expert-interviews. (Bron: Julian Rabbie, TNO)

## 7.2 Van economische kwetsbaarheid naar alle publieke belangen, inclusief nationale veiligheid

De analyses hebben zich tot nu toe hoofdzakelijk afgespeeld op het terrein van **economische kwetsbaarheid**. Maar de toegenomen aandacht voor open strategische autonomie en kwetsbaarheidsanalyses is deels ingegeven door de **zorgen rond nationale veiligheid**, die zijn ontstaan na de agressieve Russische inval in Oekraïne en door de mogelijke machts- en expansiepolitiek die China voert. In de Verenigde Staten bestaat mede door het belang dat de VS hechten aan nationale veiligheid al geruime tijd een zeer actieve houding van de DoD (Department of Defense). Deze uit zich o.a. in het continu monitoren van de kwetsbaarheid van grondstoffen en kwetsbare componenten, het eventueel aanleggen van strategische voorraden, het stimuleren van bedrijvigheid op zwakke plaatsen in de keten en het stimuleren van onderzoek. De Nederlandse en Europese defensie is tot nu toe aanzienlijk minder proactief op dit front.

Als signaal van een groeiende bewustwording van risico's heeft de EDA, de European Defense Agency onlangs het project EMPOF (Energetic Materials: Production, Obsolescence and Formulation) gestart. Dit project richt zich op de

kwetsbaarheid in de leveringsketens van wapensystemen, zoals raketten en precisiegeleide artilleriegranaten maar ook conventionele munitie zoals patronen voor pistolen en machinegeweren. Onder andere explosieven, vuurwapenkruit en pyrotechnische composities maken onderdeel uit van deze keten. Ook deze zgn. energetische materialen zijn weer opgebouwd uit verschillende chemische componenten.

Het besef is doorgedrongen dat als de verkrijgbaarheid van dergelijke materialen in het geding is (bijvoorbeeld omdat ze vanwege hun toxiciteit op termijn niet meer gebruikt mogen worden, omdat de verkrijgbaarheid omwille van strategische overwegingen in het geding is, omdat de uitvoer van goederen vanwege exportcontrole beperkt is, omdat de kwaliteit van grondstoffen die nodig zijn om deze kritische materialen te maken), bepaalde munitiecomponenten op termijn niet meer geproduceerd kunnen worden. Dit wordt door de European Defence Technology Industrial Base (EDTIB) beschouwd als een groot risico voor de autonomie van de EU. Binnen dit project wordt met 16 partners uit 8 Europese landen samengewerkt aan het identificeren en prioriteren van kritieke munitiecomponenten en het zoeken naar concrete oplossingen zoals alternatieve

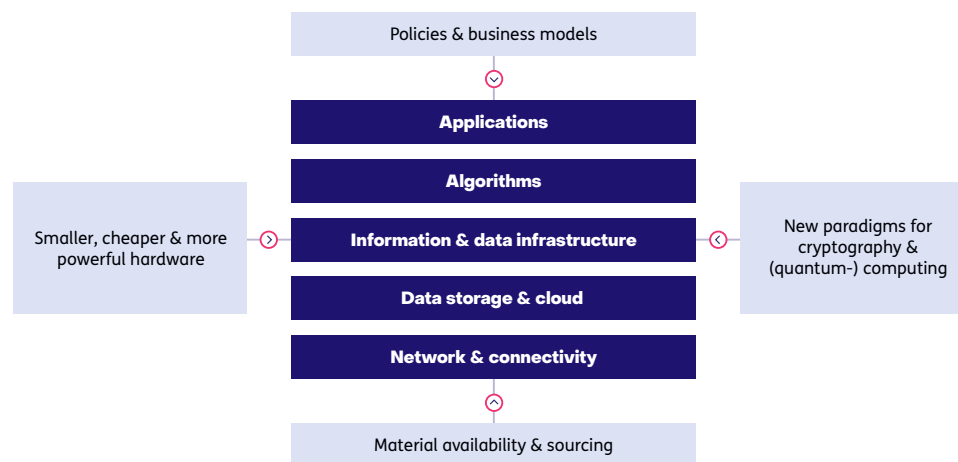
leveranciers in de EU, het vervangen van kritieke componenten door andere materialen met behoud van functionaliteit en prestatie van de munitie of het opzetten van een onafhankelijke Europese productiecapaciteit.

Ook hier geldt weer dat het (in dit geval) in detail in kaart brengen van de relevante ketens op vergelijkbare wijze gemonitord en gerapporteerd kan worden. Een aanzienlijk deel van militaire leveringsketens zijn immers vermengd met civiele leveringsketens, omdat niet alle producenten in de keten exclusief voor militaire doeleinden produceren. Een bundeling van de defensiegerichte activiteiten in eerder genoemd

observatorium zou de reikwijdte aanzienlijk vergroten en de interactie tussen de ministeries op dit vlak versterken.

## 7.3 Van fysieke, naar digitale en fysieke ketens

Waar deze verkenning gaat over fysieke ketens in de huidige economie, zijn er ook toenemende zorgen over de ketenafhankelijkheden in het digitale domein. In dat digitale domein spelen vanzelfsprekend deels dezelfde vraagstukken, en deels heel andersoortige aspecten. Dit is weer gegeven in onderstaande 'raamwerk' (zie Figuur 17) dat door TNO is ontwikkeld om de discussie rond kwetsbaarheden in de digitale keten te structureren.



Figuur 17: illustratie van strategische afhankelijkheden in het digitale domein

De basis onder de kwetsbaarheidsdiscussies wordt ook hier gevormd door het fysieke domein ('Material availability & sourcing'; 'smaller, cheaper, more powerful hardware'). De zorgen hangen hier deels samen met de onderontwikkelde Europese maakindustrie op dit vlak. Het opzetten van de Chips Act in Europees verband kan deels worden gezien vanuit deze zorgen. Afhankelijkheid van grote machtsblokken China en de Verenigde Staten wordt hier als onwenselijk gezien. Ook hier (analoog aan de discussie rond quantumcomputing in paragraaf 0) kan een vergelijkbare systematiek worden gehanteerd als eerder in dit rapport gegeven.

Het karakter van het digitale domein brengt daarnaast **natuurlijk andersoortige kwetsbaarheden** met zich mee, die te maken hebben met het niet plaatsgebonden karakter van veel waarde toevoegende activiteiten (data-infrastructuur, algoritmes, applicaties). Ook daar is het noodzakelijk oog te hebben voor de kwetsbaarheid van een economie die voor een groot deel afhankelijk is van deze technologie.

In toekomstige activiteiten is het aan te bevelen -zeker op het fysieke domein van de digitale infrastructuur- met vergelijkbare analyses te komen als in dit rapport (en een voorbeeld uit de quantumcomputing-wereld) zijn gesuggereerd.

#### 7.4 Van slechts statistische databronnen naar geavanceerde databases

Eerder in dit document zijn we ingegaan op de handmatige analyses die licht wierpen op de ketens van hier geanalyseerde productgroepen. **Er zijn verschillende ontwikkelingen gaande die dergelijke zoektochten in de (nabije) toekomst zullen vereenvoudigen en verdiepen.** In paragraaf 4.3 over methodieken in deze studie kwam de introductie in 2022 van ChatGPT al aan bod, die wel versnelling maar nog weinig verdieping geeft. Andere ontwikkelingen kunnen die verdieping mogelijk wel gaan geven.

##### 7.4.1 Digitale Productpaspoorten

Het digitale productpaspoort (DPP) is een nieuwe tool voor publiek en privaat gebruik. Een DPP systeem manifesteert zich niet als een grote database met afzonderlijke bestanden, maar is eerder een set afspraken of protocollen, die de communicatie tussen de datasets binnen bedrijven en publieke organisaties mogelijk maken. Een DPP wordt nadrukkelijk voorzien in nieuwe wetgeving op EU niveau en kan als zodanig nieuwe impact hebben in onderzoek naar leveringszekerheid en strategische afhankelijkheden.

Een individueel productpaspoort is een digitaal "kruispunt" waarin de

samenstelling en andere technische gegevens van een product (met een unieke "identiteit") opvraagbaar zijn. Toegang tot de inhoud van het paspoort moet gebaseerd zijn op toestemming van de eigenaar van de gegevens. Het productpaspoort ontwikkelt zich over de gehele keten heen, waarbij iedere schakel in de keten data en informatie toevoegt. Een grondstof (uit de aarde gewonnen of gerecycled) vormt een eerste instantie in een keten van productpaspoorten. Vervolgens wordt een productpaspoort verder opgebouwd, waarbij verschillende transacties en productiestappen samen een productpaspoort bevolken. Een voertuig of een gebouw ("bouwpaspoort") kan worden beschouwd als een finale verzameling van individuele producten. Aan het einde van een gebruikscyclus van een product wordt het DPP verbonden met een nieuw product in het geval een circulaire strategie wordt toegepast en het product dus niet wordt vernietigd.

Door de Europese Commissie gefinancierde projecten (zoals CIRPASS, CE-RISE, DATAPIPE, ONTO-DESIDE en DaCAPO) tonen de snel evoluerende digitale infrastructuren en oplossingsruimte voor productpaspoorten. Ze tonen ook de specifieke vereisten van overheidsinstanties en auditors om het productpaspoort ten volle te benutten. De sleutelbegrippen

die in deze projecten ontwikkeld moeten worden zijn interoperabiliteit van datasets, betaalbaarheid, vertrouwen in de data-integriteit en tot slot de veiligheid van de data. De ontwikkelingen in deze projecten suggereren dat het digitale productpaspoort en de bijbehorende digitale infrastructuren zeer waarschijnlijk beschikbaar zullen zijn, maar harmonisatie van standaarden is belangrijk om gegevensuitwisseling tussen verschillende partijen, ecosystemen van platforms en toeleveringsketens mogelijk te maken.

Een digitaal productpaspoortstelsel kan een beslissende invloed hebben op de kosten, geloofwaardigheid en toegankelijkheid van datasets die publieke acties kunnen ondersteunen. Naast de functies voor private partijen wordt expliciet geanticipeerd op verbeterde statistiek en data voor academisch onderzoek d.m.v. een geaggregeerde data uit het DPP systeem. De implicatie is dat geaggregeerde en geanonimiseerde versies van het digitale productpaspoort enorm kunnen profiteren van openbaar onderzoek, beleidsvorming en rechtshandhaving. **Dit geeft publieke instanties toegang tot data die tot op heden voorbehouden is aan gelicenseerde datasets.**

### 7.4.2 Opties voor gelicenseerde data voor publiek gebruik

Al eerder in dit rapport werd gerefereerd aan de inzet van data die door professionele en commerciële data providers kan worden aangeleverd. Bij toekomstige activiteiten ten behoeve van het in kaart brengen van strategische afhankelijkheden voor Nederland zal overwogen en geanalyseerd moeten worden hoe de toegang tot gelicenseerde data is te organiseren. Eerder werd al gerefereerd aan een organisatie als FactSet die mede op basis van Artificial Intelligence in staat is om gedetailleerde connecties tussen bedrijven in kaart te brengen. M.b.v. van AI en dergelijke professionele partijen is te verwachten dat meer transparantie voer eigendomsverhoudingen, ketenrelaties en productie- en handelsdata verkregen worden.

**Het is cruciaal dat individuen in het publieke domein volledig inzicht hebben in de mogelijkheden van gelicenseerde data en hier zeer snel toegang tot kunnen krijgen als omstandigheden dat vragen.**

### 7.4.3 Vergelijking van methoden

De verschillende methoden die we in dit onderzoek of hebben gebruikt of de revue hebben laten passeren laten zich samenvatten in Tabel 8.

Hierbij nemen we ook de mogelijkheden voor de inzet van EcoInvent als LCA database mee.

Op basis van de vergelijking concluderen we dat een vervolgonderzoek gebruik zou moeten maken van **een combinatie van traditionele deskresearch en een door verschillende Nederlandse instituten geverifieerde interpretatie van publieke data**. Daarnaast is het gebruik van gelicenseerde data sterk aan te raden.

	Traditioneel desk-research	Gelicenseerde data	LCA data EcoInvent	Publieke data en interpretatie daarvan	Product paspoort
Detail	Zelf te kiezen	4- of 10-digit	4- of 6-digit	6- of 8 digit	Minstens 10-digit
Betrouwbaarheid	Redelijk	Goed	Matig/voldoende	Matig/voldoende	Zeer goed
Ketenrelaties	Voldoende	Goed	Redelijk	Vrijwel afwezig	Zeer goed
Aansluiting bij publieke statistiek	Voldoende	Goed	Redelijk	Vrijwel afwezig	Zeer goed
Kosten toegang	Hoog	Redelijk	Laag	Zeer laag	Redelijk
Sterktes	Specifiek, flexibel, directe input experts	Efficiënt, flexibel, goede aansluiting bij private actoren, makkelijk repliceerbaar	Borging met academisch onderzoek, gebruik bestaande licenties	Efficiënt, professioneel, makkelijk repliceerbaar, lage kosten	De verwachting is dat het DPP systeem een ongeëvenaarde prijs/kwaliteit zal hebben
Zwaktes	Duur, moeilijk repliceerbaar, geen garantie zekerheid correctheid	Noodzaak beheer van contracten	Grotere onzekerheid betrouwbaarheid en dekking van data, minder aansluiting bij private tools	Grotere onzekerheid betrouwbaarheid en dekking van data	Vele jaren nodig voordat het systeem operationeel zal zijn

Tabel 8: vergelijking data- en informatiebronnen en bijbehorende methode voor ketenanalyse

## 7.5 Van CRM lijst naar CRM Act en Open Strategische autonomie: flankerend onderzoek en ontwikkelingen

Het in kaart brengen van strategische afhankelijkheden zal de komende jaren hoe dan ook gestalte krijgen in een aantal projecten en programma's. Deze zullen nieuw onderzoek naar gedetailleerde ketenrelaties in Nederland flankeren.

**Ten eerste** is er de door de Europese Commissie en de hoge vertegenwoordiger op 20 juni 2023 bekend gemaakte gezamenlijke mededeling over een Europese strategie voor economische veiligheid (Europese Commissie 2023a). De strategie bevat een voorstel voor een grondige beoordeling van risico's voor de economische veiligheid op vier gebieden:

1. risico's voor de veerkracht van de toeleveringsketens, waaronder de energievoorzieningszekerheid;
2. risico's voor de fysieke en cyberveiligheid van kritieke infrastructuur;
3. risico's in verband met de veiligheid van technologie(lekkage);
4. risico's in verband met het als wapen gebruiken van economische afhankelijkheid of economische dwang.

**Ten tweede** is op Europees vlak de definitieve versie van de Critical Raw Materials Act (Europese Commissie 2023b) vanzelfsprekend cruciaal in het overwegen van vervolgstappen voor onderzoek naar strategische afhankelijkheden voor Nederland. Het in §6.1 genoemde observatorium is hier direct mee verbonden. De voorgestelde CRM Act van de Commissie ambieert om alle stadia van de Europese waardeketen van kritieke grondstoffen te versterken, de invoer van de EU te diversifiëren om strategische afhankelijkheden te verminderen, de EU-capaciteit te verbeteren om de risico's van verstoringen van de levering van kritieke grondstoffen te monitoren en te beperken, en de circulariteit en duurzaamheid te verbeteren.

**Ten derde** is er een jaarlijkse "EU strategic dependencies and capacities" rapport (Europese Commissie 2022c), als aanvulling voor het voor de EU belangrijke Single Market Rapport. In deze aanvulling wordt verslag gedaan van de geboekte vooruitgang bij het aanpakken van de strategische afhankelijkheden geïdentificeerd in interviews. In elke nieuwe ronde wordt middels interviews gemonitord hoe deze afhankelijkheden zijn veranderd.

Op gebied van data zal in Europa onderzoek door het JRC Unit D3 relevant zijn. Dit is de unit die het Raw Material Intelligence System (RMIS)<sup>12</sup> beheert en ook de recent gepubliceerde nieuwe versie van "strategic foresighting" (Carrara 2023) heeft verzorgd. In het RMIS wordt al het in Europa verrichte onderzoek naar ketenafhankelijkheden gerefereerd. In het geval de ketenrelaties direct onder de verantwoordelijkheden van de EC gaan vallen zal de data ook op de RMIS zelf direct zichtbaar zijn.

Afsluitend bereidt de Europese Commissie een "observatory for critical technologies" voor. Het is relevant omdat het onderzoek naar afhankelijkheden in ketens naar verwachting onderdeel gaat zijn van de activiteiten van dit "observatory", dat niet te verwarren is met de "observatoria" die in het kader van de CRM Act worden ingericht. Er wordt gesproken over een 'Three-Point Belt Plan', dat drie doelstellingen heeft, namelijk het versterken van de complementariteit tussen relevante EU-programma's, het bevorderen van spin-offs van investeringen in investeringen in de energietransitie, in de productie van ruimtevaart- en defensieproducten en het bevorderen van "spin-ins" waar civiel onderzoek kan overlopen met investeringen in nationale veiligheid (Europese Commissie 2021c).

## 7.6 Van statische risico-inschatting naar dynamische mitigatie-strategieën

In deze studie is een methode ontwikkeld waarmee een beeld geschetst kan worden van risico's in de keten. Bij het ontwikkelen van een meer op de continuïteit gerichte activiteit rond leveringszekerheid en strategische autonomie zal de aandacht ook moeten uitgaan naar de preventieve en mitigerende activiteiten die overheden (en bedrijven) kunnen nemen, de inspanningen die daarbij horen, de 'lead times' (doorlooptijden) voordat de maatregelen effect kunnen sorteren, de risico's die bij die maatregelen horen en de analyse van de risico's van de resulterende situatie. De maatregelen die staan aangekondigd in de CRM Act en in de Nationale Grondstoffenstrategie (zoals streven naar diversificatie, werken aan betere due diligence, investeren in mijnbouw en processing en gebruikmaken van circulaire principes) zijn goede voorbeelden van dergelijke activiteiten.

Met name het verkrijgen van inzichten in complexiteit en doorlooptijden van maatregelen zal een voorname rol moeten spelen in vervolgactiviteiten. Een methodisch goed voorbeeld wordt gegeven door de IEA-studie Energy Technology Perspectives uit 2023. Op basis van eigen modellering en talloze interviews met de industrie geeft het IEA een beeld van

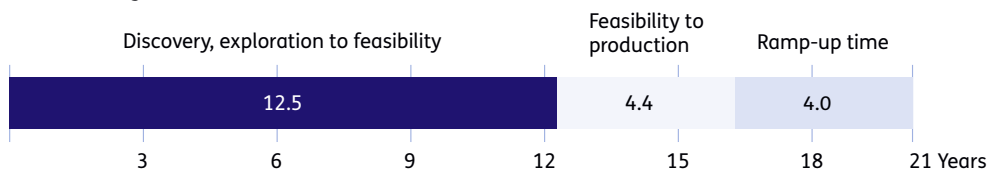
<sup>12</sup> <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/>

de doorlooptijden van maatregelen die moeten leiden tot de winning van meer grondstoffen uit de mijnbouw, en tot een robuustere levering van materialen en componenten verder in de keten.

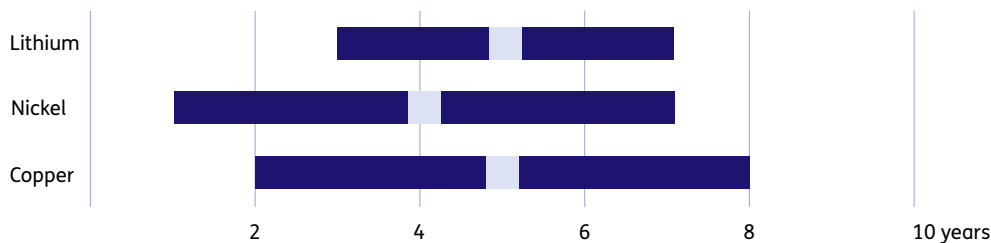
**Op basis van dit inzicht is niet alleen te schatten wat de nieuwe risico-situatie zal zijn en hoe deze publieke belangen helpen beschermen, maar ook en vooral op welke termijn dergelijke effecten verwacht mogen worden.** Voor het afbouwen van risicovolle strategische afhankelijkheden en het effectief en

efficiënt inzetten van publieke middelen lijken dergelijke analyses essentieel. Ten overvloede: een systematiek die dergelijke analyses ondersteund is gebaat bij continuïteit en niet bij het ad-hoc uitvoeren van analyses over de aard en de consequenties van mitigerende maatregelen. Dat geldt natuurlijk niet alleen over de industriële initiatieven uit de bovenstaande figuren, maar ook over de mate waarin en de snelheid waarmee recycling kan worden opgetuigd, vruchtbare diplomatieke banden kunnen worden opgebouwd, etc.

Global average, 2010-2019

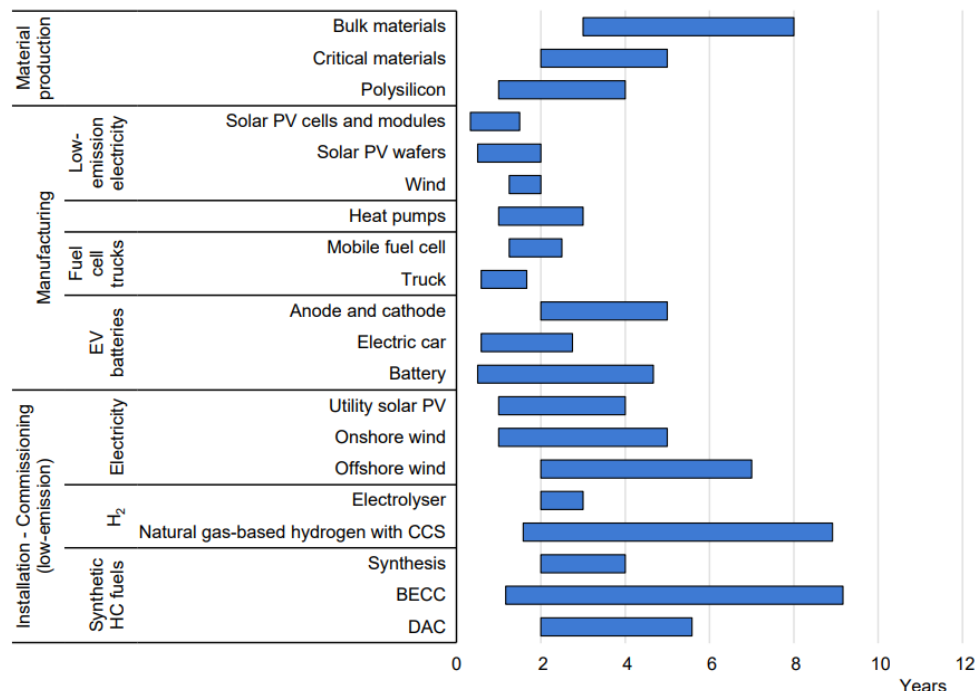


Average observed lead time for selected minerals (from feasibility to production)



Figuur 18: Doorlooptijden van mijnbouwprojecten (bron: IEA)

Range of lead times for selected supply chain components



Average lead times for selected supply chain components

Figuur 19: Doorlooptijden voor het opzetten van productie voor componenten en materialen (bron: IEA)

### 7.7 Van projecten naar monitoring op continue basis

Net als de Geo-economische monitor is deze studie naar strategische afhankelijkheden een van de eerste stappen richting een doorlopende activiteit van monitoring en risicoanalyse. Door nadrukkelijk ketenrelaties te introduceren in het onderzoek naar strategische afhankelijkheid is deze studie ook een stap op weg naar een “Geo-economische monitor 2.0”. Daarbij is de stap van losstaande projecten naar continuïteit noodzakelijk. Maar hoe kan strategische afhankelijkheid continu worden onderzocht en wie is aanspreekpunt in het geval er behoeften ontstaan voor ondersteuning van publieke en private stakeholders?

Volgend uit de concepttekst van de Europese Critical Raw Materials Act, is het een **wettelijke verplichting voor lidstaten om een observatorium in te richten** voor het identificeren van leveringszekerheidsrisico's. Voor Nederland zou dit gestalte kunnen krijgen in de vorm van een Nederlands Materiaal Observatorium (NMO) die (onder andere) een essentiële leverancier van data en informatie over internationale leveringsketens kan zijn.

De activiteiten van een dergelijk NMO zouden als volgt geformuleerd kunnen worden:

- Verzamelen en interpreteren van inlichtingen over het gebruik van mineralen en (kritische) grondstoffen (CRM);
- Inzicht verkrijgen in de gehele toeleveringsketen die afhankelijk is van deze materialen;
- Beoordelen van de bevoorradingsrisico's en gerelateerde maatregelen voor het beheer van de toeleveringsketen die door overheidsinstanties kunnen worden genomen;
- Beoordelen van technologische innovatie relevant voor vraag en aanbod van materialen;
- Beoordelen van de ESG-aspecten (Environment Social Governance) van materiële levering aan de EU-economie.
- Het bieden van mogelijkheden aan bedrijven om problemen en observaties m.b.t. leveringsproblematiek te agenderen t.b.v. collectieve vervolgactie.
- Ontsluiten van data en informatie (zoals bijvoorbeeld via de Grondstoffenscanner: <https://www.grondstoffenscanner.nl/>).

**Een korte termijn doel** voor een dergelijk 'observatorium' zou zijn om Nederlandse stakeholders te vinden en te verbinden en om het centrale toegangspunt te worden voor overheden, onderzoeksinstituten, bedrijven, journalisten, NGO's en studenten op het gebied van voorzieningszekerheid van (kritische) Materialen.

**Een lange termijn doelstelling** zou zijn om de risico's van (duurzame) grondstofvoorziening in beeld te brengen. Op basis van een continue mandaat en met gebruik van state-of-the-art methoden om relevante data te vergaren.

#### Duitsers het eerst, Fransen het breedst opgezet

Het eerste voorbeeld van een observatorium voor leveringsketens was het Duitse grondstoffenagentschap DERA, opgericht per decreet in 2010. Als onderdeel van het Duitse Instituut voor Geowetenschappen en Natuurlijke Hulpbronnen (BGR) verbindt het kennis over geologie en handel met de Duitse industrie. En dan in vooral de behoeften van de industrie, die niet binnen de bedrijfsmuur zelf kunnen worden vervuld. Het instituut kent ongeveer 25 medewerkers, met een actief beleid van locatiebezoeken wereldwijd.

Het beste voorbeeld van een observatorium met als doel het maximaliseren van de leveringszekerheid voor een nationale industrie is het OFREMI. Niet alleen in omvang, maar vooral door de scope is het OFREMI het beste voorbeeld van een observatorium. Vrijwel alle nijverheid- en agrarische sectoren zijn betrokken, waaronder dus ook de geneesmiddelen, bouw en energiesectoren. Het doel van OFREMI is om bedrijven te voorzien van een strategische, economische en technische kijk op de wereldwijde toeleveringsketens en de huidige en toekomstige behoeften van de industriële sector. Dit doen ze d.m.v. continue risicomonitoring en informatiebeheer. Zo kunnen risicoanalyses en afwegingen voor belangrijke investeringsbeslissing gemaakt worden.



## Referenties

Bastein T. & Rietveld E. (2015). Materialen in de Nederlandse economie – een kwetsbaarheidsanalyse (TNO 2015 R11613) [Materials in the Dutch economy – a vulnerability analysis (in Dutch)]. Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), Delft

Carrara, S., Bobba, S., Blagoeva, D., Alves Dias, P., Cavalli, A., Georgitzikis, K., Grohol, M., Itul, A., Kuzov, T., Latunussa, C., Lyons, L., Malano, G., Maury, T., Prior Arce, Á., Somers, J., Telsnig, T., Veeh, C., Wittmer, D., Black, C., Pennington, D., Christou, M., Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/386650, JRC132889.

CBS (2020). Invoer goederen bij specifieke bedrijfstakken, 2020. Beschikbaar online: <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2021/38/invoer-goederen-bij-specifieke-bedrijfstakken-2020->

Europese Commissie (2020), Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU – a foresight study. Beschikbaar online: [https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs\\_for\\_Strategic\\_Technologies\\_and\\_Sectors\\_in\\_the\\_EU\\_2020.pdf](https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs_for_Strategic_Technologies_and_Sectors_in_the_EU_2020.pdf)

Europese Commissie (2021a), Updating the 2020 New Industrial Strategy: Building a stronger Single Market for Europe's recovery Main Report. SWD(2021) 352 final

Europese Commissie (2021b), Strategic dependencies and capacities. Updating the 2020 New Industrial Strategy: Building a stronger Single Market for Europe's recovery. SWD(2021) 353 final. Beschikbaar online: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2021:0352:FIN:EN:PDF>

European Commission (2021c), Action Plan on synergies between civil, defence and space industries. COM (2021) 70 final. Available at: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/action\\_plan\\_on\\_synergies\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/action_plan_on_synergies_en.pdf)

Europese Commissie (2022c), EU strategic dependencies and capacities: second stage of in-depth reviews. SWD(2022) 41 final. Beschikbaar online: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/48878>

Europese Commissie (2023a) Gezamenlijke mededeling aan het Europees parlement, de Europese raad en de raad betreffende een “strategie voor economische veiligheid van de EU” JOIN/2023/20 final. Beschikbaar online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX:52023JC0020>

Europese Commissie (2023b) Critical Raw Materials Act, proposal for a regulation. Beschikbaar online: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en)

SEO (2022). Geo-economische monitor. Auteurs: Michiel Bijlsma, Joost Witteman, Adam Kuczynski, Astrid Lensink (SEO), Rem Korteweg, Xiaoxue Martin (Clingendael), Elmer Rietveld, Gabriela Bodea (TNO). Beschikbaar online: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/12/21/Geo-economische-monitor-2023>

## Bijlage 1: De inzet van LCA en Ecoinvent bij het in kaart brengen van ketens

De levenscyclusanalyse is een methode die is ontwikkeld om de milieu-impact en het gebruik van hulpbronnen van een product gedurende zijn levenscyclus te beoordelen. Het omvat alle stadia van de verwerving van grondstoffen (wieg), de productie- en gebruiksfase en het einde van de levensduur. De levenseindfase houdt rekening met alle activiteiten die verband houden met afvalbeheer, inclusief recyclingalternatieven. LCA biedt een holistisch beeld van de algehele milieu-impact van een product, waardoor het mogelijk wordt om de milieuprestaties op faseniveau te verbeteren zonder de lasten naar andere fasen te verplaatsen. De afgelopen decennia zijn er inspanningen geleverd om LCA-methoden te harmoniseren en de consistentie te behouden door middel van beoordelingen en databases. Dit proces maakte een uitgebreide vergelijking mogelijk van de milieueffecten tussen verschillende producten en processen.

Een van de belangrijkste stappen in de LCA-beoordeling is de stap Life Cycle Inventory (LCI). Deze stap is over het algemeen het meest relevant omdat het gaat om het opsommen van de achtergrondgegevens die nodig zijn voor alle elementaire stromen (energie en massa) van alle processen binnen het te beoordelen systeem. De LCI geeft een relevante beschrijving van de systeemstromen binnen de geanalyseerde waardeketen. Het kan dus een goede aanpak zijn om materiaal- en productwaardeketens in kaart te brengen. Het verkrijgen van de relevante achtergrondgegevens is gevoelig omdat de resultaten van de gehele LCA aanzienlijk kunnen variëren, afhankelijk van de kwaliteit en representativiteit van deze gegevens. Daarom worden aanzienlijke inspanningen geleverd om consistente en geharmoniseerde databases te creëren die betrouwbare gegevens kunnen opleveren.

Ecoinvent wordt erkend als de leidende dataset voor het uitvoeren van levenscyclusanalyses en LCI. Het wordt algemeen aanvaard en voortdurend bijgewerkt. Het doel van Ecoinvent is om consistente achtergrondgegevens van hoge kwaliteit te leveren. Ecoinvent levert gegevens voor de verschillende fasen van de levenscyclus en bestrijkt een breed scala aan sectoren op mondiaal en regionaal niveau. Het bevat momenteel meer dan 18.000 activiteiten, ook wel 'datasets' genoemd, die menselijke activiteiten of processen modelleren. Het omvat industrieën zoals landbouw, bosbouw, energieproductie, chemische productie, transport en meer. Deze dataset bevat informatie langs de waardeketen, die kan worden gebruikt om processen te simuleren, zoals de milieu-impact van vervoerswijzen of de milieu-impact

van productieroutes in industriële of agrarische activiteiten. Enkele van de belangrijkste informatie over deze processen zijn samen te vatten in het gebruik van de natuurlijke hulpbronnen, de emissies die vrijkomen in het water, de bodem en de lucht, de grondstoffen die nodig zijn voor andere energieprocessen (elektriciteit en warmte) en van natuurlijk de producten, co-producten en geproduceerd afval. Deze dataset bevat dus ook belangrijke gegevens over de samenstelling van producten, waardoor het mogelijk is om grondstoffen te koppelen aan productgroepen.

Door activiteiten (stromen) met elkaar te verbinden, biedt Ecoinvent de mogelijkheid om het gebruik van materialen en energie voor de productie van een referentieproduct/proces te simuleren. Het referentieproduct verwijst naar hoeveel van het product dat de activiteit simuleert, in een bepaalde eenheid wordt geproduceerd. Een gebruikelijke referentieproducthoeveelheid is een kg van een product. In afbeelding 1 is het referentieproduct bijvoorbeeld 1 kg titaandioxide (TiO<sub>2</sub>). Als alternatief kunnen referentieproducten worden uitgedrukt in liters, eenheden, kWh's en meer. Figuur 1 toont ook alle uitwisselingen van alle andere activiteiten die nodig zijn om het referentieproduct (TiO<sub>2</sub>) te maken. Voor TiO<sub>2</sub> is dit rutiel uit mijnbouwactiviteiten, energie in de vorm van warmte en elektriciteit en alle andere activiteiten die nodig zijn om 1 kg TiO<sub>2</sub> te produceren. Dit simulatieproces maakt het ook mogelijk om de uitwisselingen tussen activiteiten op eenheidsniveau te controleren, wat kan worden weergegeven om de waardeketens van materialen en producten in mindere mate te analyseren, zoals in figuur 1. Ondanks dat toont het diagram de bijdrage in termen van milieu effecten en massa- en energie-uitwisselingen, geeft het ook een goede benadering van de samenstelling van waardeketens. Dit kenmerk is vooral relevant omdat het activiteitenstromen (donkergroen) met elkaar verbindt om relevante gegevens over de samenstelling van verschillende waardeketens te verkrijgen. Bovendien bestrijkt Ecoinvent een mondiaal perspectief, inclusief gegevens uit verschillende landen en regio's die representatief zijn voor verschillende geografische contexten.

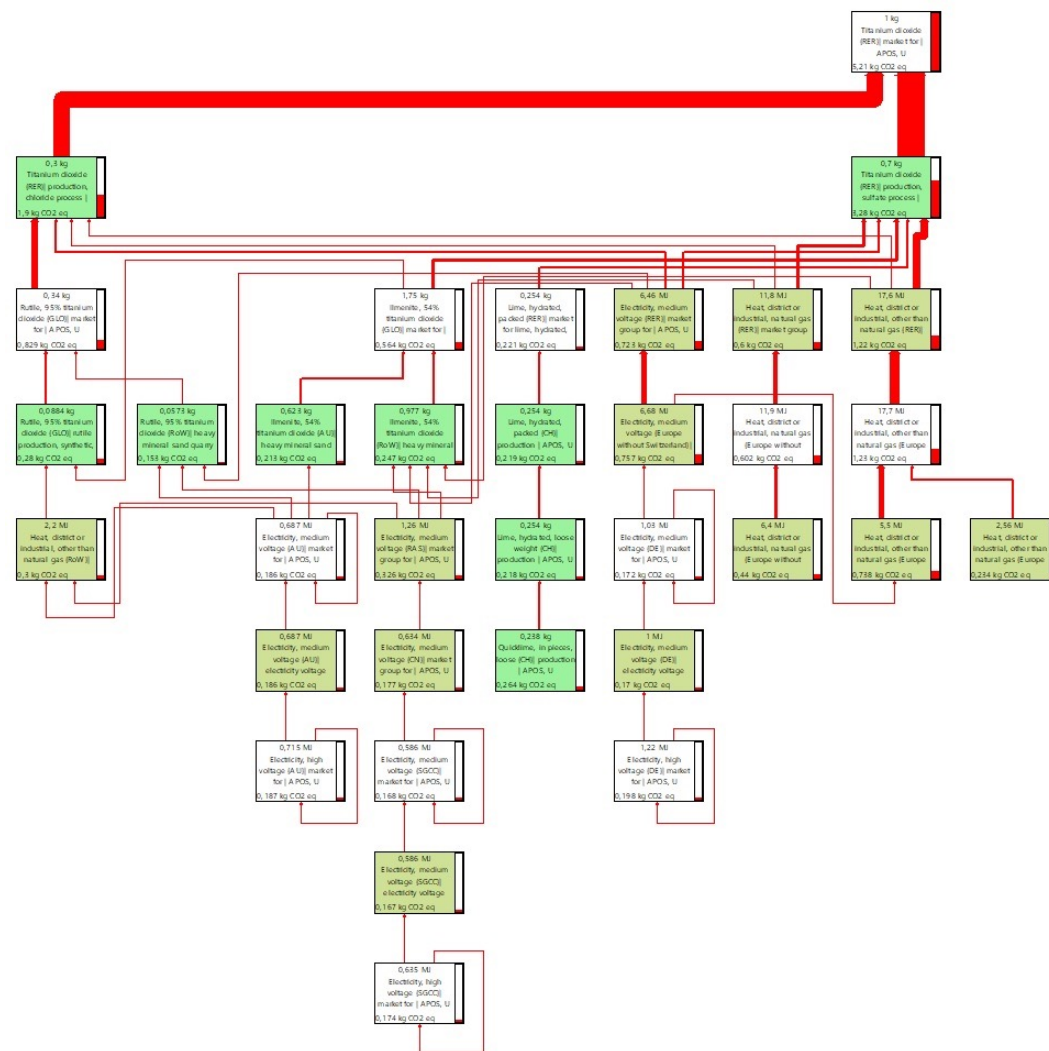
Ecoinvent maakt het tot op zekere hoogte mogelijk om de samenstelling van specifieke materiaal- en procestoeleveringsketens te bepalen. Gezien de aard van de dataset is het echter een uitdaging om de toeleveringsketens van producten alleen vanuit een materieel perspectief in kaart te brengen, aangezien de dataset alle activiteiten met betrekking tot het

specifieke product weergeeft. In het geval van  $TiO_2$  (Figuur 20) toont de kaart bijvoorbeeld ook alle verschillende activiteiten die verband houden met energieverbruik. Daarnaast geeft Ecoinvent geen informatie upstream na de productie van een specifiek proces/product. Ter illustratie:  $TiO_2$  wordt veel gebruikt voor de productie van pigment en deze link tussen het materiaal en het uiteindelijke eindgebruikersproduct is niet beschikbaar. Het overzicht van complete waardeketens en afhankelijkheden tussen materialen en producten is dus op de een of andere manier beperkt. Bovendien bevat Ecoinvent voor het in kaart brengen van de toeleveringsketen meer gegevens op “basis” materiaal- of productniveau dan op “complex” niveau. Het bevat bijvoorbeeld gegevens over  $TiO_2$ , Fosforzuur ( $H_3PO_4$ ), Lithiumcarbonaat ( $Li_2CO_3$ ) of Magnesium (Mg), maar niet voor hoogwaardige producten zoals elektrische transformatoren of windturbines. Merk op dat de Ecoinvent-dataset wordt gebruikt om de milieueffecten van dergelijke “complexe” processen/producten te modelleren.

### Automatisering van databases, hét voorbeeld van ecoinvent

In ecoinvent is het heel goed mogelijk dat de bijdrage van een specifieke activiteit bijdraagt aan de productie van meerdere referentieprocessen/producten. Metaalerts wordt bijvoorbeeld gebruikt om staal of ander materiaal te produceren. Om dit type uitwisseling tussen activiteiten en producten te identificeren, is het nodig om de database te automatiseren en potentiële waardenetwerken te verkrijgen. Dit automatiseringsproces is uitgevoerd via de Brightway-tool om een leveringsnetwerk voor specifieke activiteiten/processen te verkrijgen en het potentieel van deze toepassing te begrijpen. Merk op dat dit proces tijdrovend is, gezien de codes die moeten worden geschreven. Het is belangrijk op te merken dat voor het uitvoeren van het geautomatiseerde proces door middel van een systematische zoektocht, de structuur niet alleen naar beneden is. Sommige activiteiten kunnen doorstromen naar andere activiteiten verderop, waardoor een circulaire verbinding ontstaat.

Het bovengenoemde proces is getest voor  $TiO_2$  (Figuur 21) en DAP (Figuur 22). Voor beide gevallen zijn verschillende zoekbeperkingen vastgesteld om de leveringsnetwerken te identificeren, en de complexiteit van elk netwerk is beperkt tot de zoekbeperkingen. De methode bevat verschillende beperkingen die in latere iteraties kunnen worden aangepast of uitgebreid. Ten eerste is er een beperking op de diepte van de zoekopdracht. Aangezien de theoretische diepte onbekend is, is een maximale diepte noodzakelijk. Behalve ervoor te zorgen dat het netwerk niet te groot wordt, is een dergelijke beperking in het algemeen noodzakelijk. Dit is te zien tussen  $TiO_2$  (Figuur 21) en DAP (Figuur 22), waarin verschillende constraint depths waren opgenomen, waarbij  $TiO_2$  een hogere diepte en dus complexere output heeft.



Figuur 20: Ecoinvent data, met de ketenrelaties van producten en processen zoals die in de dataset van Ecoinvent zijn opgenomen

Ten tweede is er een beperking op het aantal uitwisselingen dat uit de activiteit wordt gehaald om verder te onderzoeken. Aangezien elke activiteit waarschijnlijk meerdere uitwisselingen zal hebben, groeit het aantal volgende activiteiten in elk niveau exponentieel, waardoor de prestaties ernstig afnemen naarmate de niveaus stijgen. Ten derde is er een limiet aan welke activiteiten vervolgens moeten worden gecontroleerd. De eenheid waarin de referentiestroom van een activiteit wordt uitgedrukt, geeft informatie over welk type product of dienst de output van dat product is. Sommige producten worden niet gebruikt in andere producten en worden daarom ook gemarkeerd als een eindpunt van dat netwerkpad. Voorbeelden van dergelijke eenheden zijn onder andere “eenheden”, energie zoals “kWh” en “MJ”, en “km”. Dit wordt ook beschouwd als de belangrijkste focus om materiaalstromen door het netwerk te traceren.

### Kansen om ecoinvent te automatiseren

Deze methode maakt gebruik van een geaccepteerde database bestaande uit activiteiten die op elkaar aansluiten om een samenhangend aanbodnetwerkoverzicht te creëren. Omdat het veel verschillende activiteiten omvat en deze in verschillende regio's scheidt, is het mogelijk om te laten zien hoe verbindingen door verschillende industrieën en continenten lopen. Aangezien de stromen goed gedefinieerd zijn en betrekking hebben op veel verschillende materialen, kan deze methode veel verschillende toeleveringsketens bestrijken. De Brightway Library is aanzienlijk sneller in het maken van query's voor het vinden van relaties tussen activiteiten en materiaalstromen dan conventionele LCA's. Bovendien is het door zijn open structuur in staat om veel meer informatie te verwerken dan alleen LCA-gegevens, en is het ook in staat om informatie en tools uit andere Python-bibliotheken te combineren. Als gevolg hiervan kan op deze methode worden voortgebouwd en worden uitgebreid naarmate er meer vereisten ontstaan.

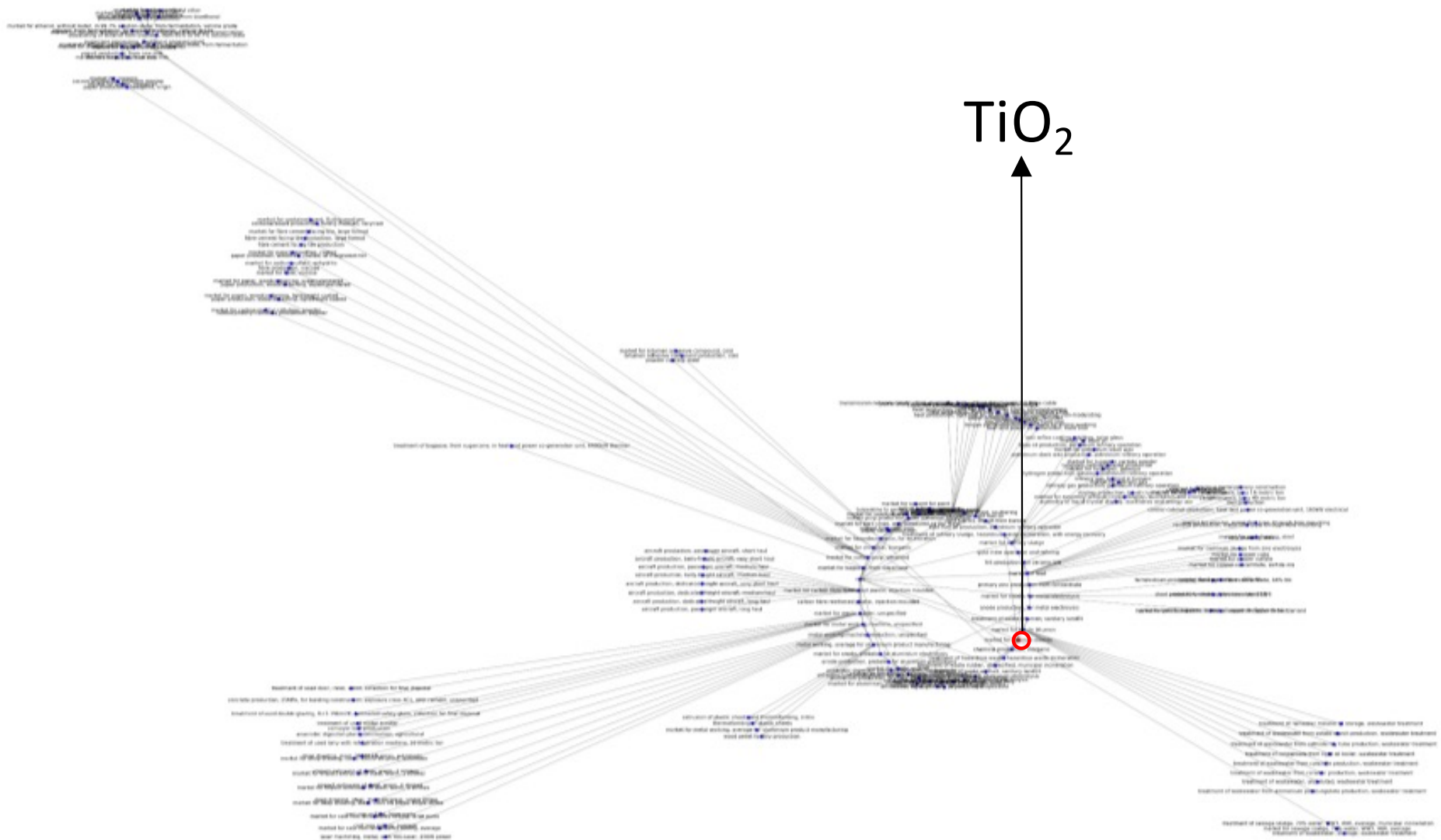
### Nadelen

Zoals de naam al doet vermoeden, zijn LCA-databases gemaakt voor het maken van LCA-modellen. Ze zijn niet gemaakt voor onderzoek naar leveringsketens. Daarom kunnen activiteiten in de LCA-databases verbonden zijn op een manier die niet logisch is voor andere studiegebieden. Een deel van de verbindingen kan ook circulair worden. In onderzoek naar leveringsketens is dit misschien niet ongebruikelijk, maar het is belangrijk om er rekening mee te houden. Een ander belangrijk nadeel is de relatief smalle scope van veel databases. Een LCA-database is niet almachtig, bestrijkt niet alle sectoren in de wereldeconomie in

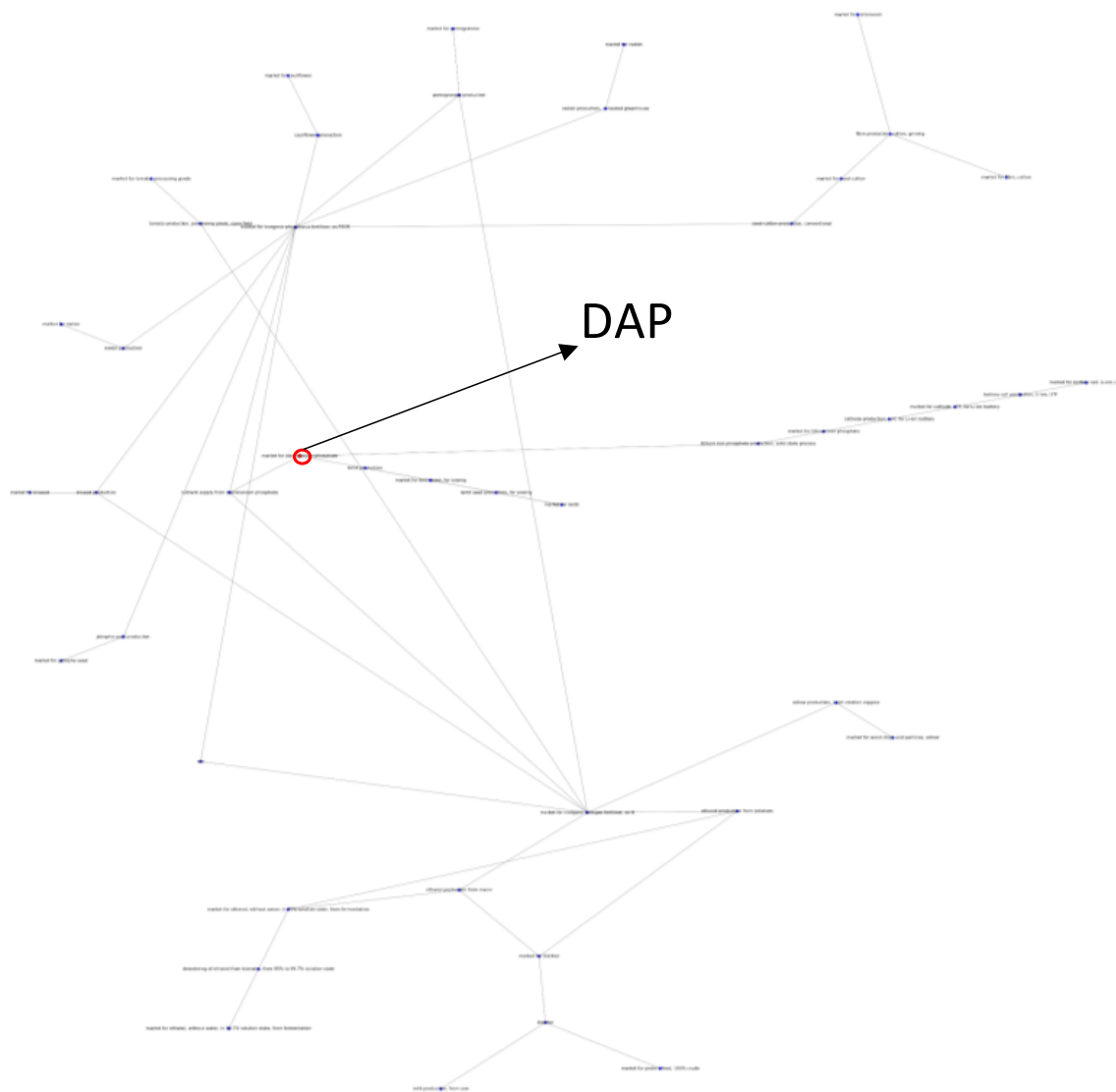
gelijke mate. De ene LCA-database richt zich misschien meer op chemie, terwijl een andere zich meer richt op landbouw. Vervolgens is er ook een verschil in granulariteit voor regio's, waardoor het werkelijke productiegebied onduidelijk is.

Deze dubbelzinnigheid zet zich voort in de definitie van het product. Hoewel de ene verbinding met de andere verbonden kan zijn, is het onmogelijk om te weten of het referentieproduct van die verbonden activiteit daadwerkelijk in het product van de andere terecht is gekomen. Voor veel producten is het logisch dat dit zo is, zoals stalen en fietsframes, maar er zijn ook activiteiten waarbij dit niet het geval is. Er kunnen verschillende chemicaliën als katalysator worden gebruikt of gebruikte schoonmaakmiddelen worden weer afgewassen. Dit maakt sommige verbanden moeilijk te rechtvaardigen en er zijn nog steeds geoefende ogen nodig om deze onbekenden aan te pakken.

Ten slotte, hoewel deze methode iets zegt over hoe sommige materialen door de toeleveringsketens druppelen en eindigen in eindproducten, geeft dit ons op geen enkele manier een idee van de wereldwijde vraag naar dergelijke materialen. Het geeft alleen aan hoe verschillende activiteiten en hun referentieproducten met elkaar verbonden zijn en hoeveel van één materiaal nodig is om een product te maken, hetzij via een directe verbinding of een verbinding met meerdere schakels ertussen.



Figuur 21: boom diagram voor  $TiO_2$  op basis van zelfgecreëerde script die productgroepen in netwerken zet



Figuur 22: boom diagram voor DAP op basis van zelfgecreëerde script die productgroepen in netwerken zet

## Bijlage 2: Commerciële data providers en gelicenseerde databases

### **Bloomberg**

Bloomberg LP is (o.a.) een wereldwijd financieel informatiebedrijf dat een breed scala aan datadiensten levert aan financiële professionals en investeerders. Een van de kernaanbiedingen is de Bloomberg Terminal, een computersoftwarestelsel waarmee gebruikers toegang hebben tot real-time financiële marktgegevens, nieuws en andere informatie en deze kunnen analyseren. Maar als zo vaak is voor een ketenanalyse naar strategische afhankelijkheid real-time data niet per se nodig. Het zijn de relaties tussen bedrijven op basis van hun transacties die interessant zijn voor ketenanalyse.

Bloomberg Company Overview (DES) bevat zowel openbare als particuliere bedrijven over de hele wereld.<sup>8</sup> Bloomberg Ownership (OWN) richt zich op de eigendomsstructuur van een bedrijf en de belangrijkste aandeelhouders. Het biedt details over institutionele beleggers, onderlinge fondsen, hedgefondsen en insiderholdings. Gebruikers kunnen eigendomsveranderingen volgen en de impact op de prestaties van een bedrijf analyseren. Afsluitend zijn er de Bloomberg Deals (MA): Deze service volgt wereldwijd fusies, overnames en andere zakelijke deals. Het biedt informatie over de betrokken partijen, de omvang van de deal, transactiedata en gerelateerd nieuws. Dit is de databron waar gebruikers kunnen zoeken naar specifieke transacties die feitelijk ketens in beeld brengen.

### **Factset**

FactSet is een wereldwijde leverancier van geïntegreerde financiële informatie en analytische software voor beleggingsprofessionals. Hoewel FactSet vooral bekend staat om zijn uitgebreide financiële gegevens- en analysediensten, biedt het ook oplossingen die kunnen helpen bij het analyseren van wereldwijde waardeketens.

FactSet biedt tools en platforms waarmee gebruikers gegevens uit verschillende bronnen kunnen verzamelen, analyseren en visualiseren, waaronder financiële overzichten, marktgegevens, brancherapporten en meer. Deze rijke gegevens stellen

investeringsprofessionals in staat om bedrijven, sectoren en wereldwijde markten volledig te evalueren.

Als het gaat om het analyseren van wereldwijde waardeketens, kan FactSet op meerdere manieren helpen. Het platform stelt gebruikers in staat om de operationele en financiële prestaties van bedrijven binnen een waardeketen te beoordelen, de relaties tussen leveranciers, fabrikanten, distributeurs en klanten te begrijpen en potentiële risico's en kansen in de hele waardeketen te identificeren.

### **WoodMacKenzie,**

Wood Mackenzie is een wereldwijd onderzoeks- en adviesbureau gespecialiseerd in de energie-, metaal- en mijnbouwindustrie. Ze bieden gegevens, analyses en inzichten over verschillende aspecten van de mijnbouwsector, waaronder productie, toeleveringsketens en marktdynamiek. Ze zijn daarmee gespecialiseerd in meer klassieke vragen rond grondstoffen en andere vroege stappen in de keten.

Ze bieden uitgebreid onderzoek en analyse van mijnbouwmarkten, waaronder de dynamiek van vraag en aanbod, grondstoffenprijzen, markttrends en prognoses. Ze beoordelen de macro-economische factoren, geopolitieke risico's en regelgeving die van invloed zijn op de mijnbouwindustrie. De data bevat gegevens over mijnbouwproductie en -reserves voor verschillende grondstoffen, waaronder metalen, mineralen en energiebronnen. Ze bieden inzicht in de huidige en toekomstige productiecapaciteit, mijnbouwkosten, projectontwikkelingen en activawaarderingen. Uiteraard is er de kans voor analyses van toeleveringsketens. De gelicenseerde data beoordeelt de logistieke aspecten, belangrijke spelers, infrastructuur en knelpunten in de toeleveringsketen. Afsluitend zijn er marktvooruitzichten en risicobeoordeling te koop. Het bedrijf evalueert factoren zoals de groei van de vraag, concurrentie in de sector, wijzigingen in de regelgeving, technologische vooruitgang en milieuoverwegingen om stakeholders te adviseren.

## Everbridge

Everbridge is een bedrijf dat kritieke gebeurtenisbeheer- en bedrijfscommunicatieoplossingen biedt. Het specialiseert zich op “Critical Event Management” (CEM). Het is een visueel systeem met los verkrijgbare data. De CEM voor leveringsketen analyse omvatten de volgende elementen:

- Door gebruik te maken van Visual Command Center kunnen operators en analisten hun toeleveringsketen visualiseren, turn-by-turn en stop-by-stop, met geïntegreerde risicogegevens van het Amerikaanse “National Center for Crisis and Continuity Coordination” en andere inlichtingenbronnen.
- Belanghebbenden in de toeleveringsketen kunnen context krijgen met informatie uit andere bronnen die kunnen helpen bij het beoordelen van bedreigingen met betrekking tot weer, verkeer, evacuatie routes voor orkanen, wereldwijde havens, spoorwegen, scheepvaartroutes en meer.
- Door integratie met Everbridge kunnen professionals, wanneer zich een kritieke gebeurtenis voordoet die van invloed is op een toeleveringsketen, gebruikmaken van oplossingen zoals Incident Communication- en Crisis Management-modules om risico's verder te beperken.

De meerwaarde van Everbridge voor publieke dienstverlening zit in het optimaal laten aansluiten van databronnen bij overheden en agentschappen en de data van het CEM.

Afsluitend zijn er nog meer bedrijven die soortgelijke diensten leveren, zoals Riskbridge of DHL360.



**Auteurs**

**Ton Bastein**

+31651525378

[ton.bastein@tno.nl](mailto:ton.bastein@tno.nl)

**Ivan Vera Concha**

+31615116415

[ivan.veraconcha@tno.nl](mailto:ivan.veraconcha@tno.nl)

**Elmer Rietveld**

+31646847440

[elmer.rietveld@tno.nl](mailto:elmer.rietveld@tno.nl)