

Verkenning Primaire Fossiele Grondstoffenheffing

Haalbaarheid en effectiviteit van belasten niet-energetisch
gebruik van fossiele grondstoffen



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

Dit rapport is opgesteld in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Auteurs

Lucie Jansen (Copper8)
Tomas Peeters (Copper8)
Cécile van Oppen (Copper8)
Stefan Favrin (Copper8)
Marijn Polet (Copper8)

Versie

2.0

Datum

April 2023

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	2
1. Aanleiding	3
2. Context en onderzoeksvragen	4
3. Onderzoeksaanpak	7
4. Omvang van vrijstellingen en afbakening	9
5. Eerste orde effecten afschaffen vrijstelling	12
6. Afschaffen vrijstelling voor aardgas	15
7. Toepassen accijns voor aardolie	23
8. Limitaties	32
9. Inzichten en aanbevelingen	34
Bijlage 1. Aanpak in detail	39
Bijlage 2. Omvang vrijstelling	41
Bijlage 3. Aannames	44
Bijlage 4. Geïnterviewden	46
Bijlage 5. Referenties	48

Managementsamenvatting

Nederland heeft hoge ambities op het gebied van klimaatneutrale en circulaire economie. In 2050 moet onze CO₂-uitstoot met 95% zijn gedaald; voor 2030 hebben we 55% CO₂-reductie als tussendoel. Ook werken we toe naar een volledig circulaire economie in 2050, waarbij de milieueffecten van de Nederlandse productie en consumptie binnen de planetaire grenzen moet vallen.

Fiscaliteit wordt ingezet als een van de mogelijke maatregelen om de transitie naar een circulaire economie te stimuleren. Een heffing op het gebruik van primaire fossiele grondstoffen – vooraan in de keten – wordt gezien als een potentiële maatregel.

Deze verkenning richt zich op de haalbaarheid en effectiviteit van respectievelijk het afschaffen van de vrijstelling op het niet-energetisch gebruik van aardgas en kolen, en het toepassen van een accijns op het niet-energetisch gebruik van aardolie (primaire fossiele grondstofheffing). Wanneer we uitgaan van de huidige tarieven die gelden voor het energetisch verbruik, zou het afschaffen van de vrijstellingen voor het niet-energetisch gebruik leiden tot €7,867 miljard aan jaarlijkse belastinginkomsten.

De impact van deze kostprijsverhoging voor de chemische sector in Nederland van 23,3% is geanalyseerd in een EEMRIO model, waarbij we zien dat deze kostprijsverhoging met name prijsverhogende effecten heeft op de chemische en aanverwante industrieën in Nederland en directe buurlanden (België en Duitsland). De prijsverhogingen en daaruit voortkomende reductie in vraag leiden tot een reductie van 2,78 Mton aan jaarlijkse CO₂-uitstoot. In deze berekening zijn geen substitutie- of wegleffecten meegenomen.

Er zijn verdiepende verkenningen gedaan voor de effecten van het afschaffen van de vrijstelling van het niet-energetisch gebruik van aardgas op de kunstmestindustrie, en het toepassen van een accijns op het niet-energetisch gebruik van aardolie in het stoomkraakproces voor kunststofproductie. Deze twee sectoren hebben op dit moment het meeste economische baat bij de vrijstellingen voor het niet-energetisch gebruik.

In de sectorale verkenningen zien we dat een primaire fossiele grondstofheffing economische impact heeft op de bestaande industrie; we zien echter ook dat het ontbreken van deze heffing een

van de variabelen is die de ontwikkeling van circulaire alternatieven tegenhoudt. Wel zien we dat er zowel door de bestaande industrie als door challengers gewerkt wordt aan alternatieve methoden om respectievelijk kunstmest danwel kunststoffen te produceren. Veel van deze methoden hebben een positief effect op de nationale Klimaatdoelstellingen.

Een primaire fossiele grondstofheffing zal als solitaire maatregel waarschijnlijk onvoldoende effectief zijn; een samenhangende set aan beleidsmaatregelen is nodig. Ook is invoering op Europees niveau een belangrijke randvoorwaarde.

Op basis van deze eerste verkenning kan geen duidelijk advies worden gegeven met betrekking tot het invoeren van een primaire fossiele grondstoffenheffing. Vervolgonderzoek is nodig om de economische impact op bedrijven beter te kunnen plaatsen, de hoogte van een effectieve heffing te kunnen inschatten alsmede aanvullende beleidsmaatregelen die nodig zijn om het gebruik van fossiel grondstoffengebruik als feedstock af te bouwen.

1. Aanleiding

Nederland heeft hoge ambities op het gebied van klimaatneutrale en circulaire economie. In 2050 moet onze CO₂-uitstoot met 95% zijn gedaald; voor 2030 hebben we 55% reductie als tussendoelⁱ. Ook werken we toe naar een 'volledig' circulaire economie in 2050ⁱⁱ. Deze inspanningen moeten er gezamenlijk voor zorgen dat we de doelen van het Parijsakkoord halen, en de wereldwijde opwarming beperken tot maximaal 1,5 graad.

Belastingen en heffingen worden historisch toegepast om publieke uitgaven te faciliteren. Naast de functie die belastingen hebben als inkomstenbron, kunnen ze ook ingezet worden om economische beslissingen en gedrag te beïnvloeden.

Er zijn diverse belastingprikkelers die duurzamer gedrag kunnen beïnvloeden van bedrijven. Een heffing op CO₂-uitstoot is de meest besproken variant omdat deze heffing ook de basis vormt van de Europese emissiehandel (EU ETS) en de nationale CO₂-heffing.

In het onderzoek van het Ministerie van Financiën in 2020 dat geleid heeft tot het rapport

'Bouwstenen voor een Beter Belastingstelsel', zijn voor het onderwerp Fiscale Vergroening diverse maatregelen geïnventariseerd die bij kunnen dragen aan het verhogen van milieuheffingen. Een van de mogelijkheden die geïnventariseerd is voor de industrie betreft het afschaffen van de vrijstelling in de energiebelasting en accijns voor niet-energetisch verbruik van fossiele grondstoffenⁱⁱⁱ. De maatregel vergt volgens het rapport verder onderzoek. In recente beleidsstukken zoals het Interdepartementaal Beleidsonderzoek (IBO)^{iv}, Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE)^v en de Integratie Circulaire Economie Rapportage (ICER)^{vi} is deze ook genoemd als potentiële maatregel.

Het gebruik van deze grondstoffen (bijv. aardgas, aardolie en kolen) wordt voor energetische doeleinden belast middels de energiebelasting of accijns; echter kent het niet-energetische gebruik (feedstock) van deze grondstoffen een vrijstelling en/of valt deze buiten de Wet op de Accijns^{vii}.

In deze eerste verkenning wordt gekeken naar de effectiviteit en haalbaarheid van het afschaffen van de vrijstelling van het niet-energetisch gebruik van fossiele grondstoffen, danwel het toepassen

van accijnzen op het niet-energetisch gebruik van deze zelfde grondstoffen. In dit rapport zullen we voor het gemak spreken over het 'afschaffen van de vrijstelling', waarmee we ook het toepassen van accijnzen bedoelen. Sectoren waarbij dit speelt zijn onder andere het gebruik van aardolieproducten als grondstof voor de kunststofindustrie, het gebruik van aardgas voor de kunstmestindustrie en het gebruik van kolen voor de staalindustrie.

De intentie van deze maatregel is om bedrijven te stimuleren om hun fossiele feedstocks te vervangen met duurzamere alternatieven. Om deze reden wordt gekeken wat de verwachte milieupact is van het doorvoeren van deze fiscale maatregel. Ook wordt gekeken wat de economische effecten zijn van deze maatregel; bij de economische effecten wordt eveneens gekeken wat de verwachte mondiale milieupact is van eventuele weglek van de industrie uit Nederland.

Deze verkenning is een eerste bouwsteen in de discussie rondom een primaire fossiele grondstoffenheffing, en biedt daarmee een basis voor verder onderzoek.

2. Context en onderzoeksvragen

In dit hoofdstuk leggen we de theoretische basis voor het onderzoek. We definiëren een aantal begrippen die in de onderzoeksaanpak en de analyse terugkomen. Achtereenvolgens zijn dit de intentie van de urgentie van verduurzaming, en de wijze waarop de circulaire economie kan bijdragen aan verduurzaming. Hierna kijken we welke rol belastingen kunnen spelen in het verduurzamen van onze samenleving, waarna ook aangegeven wordt welke uitzonderingen nu gelden voor fossiel grondstoffengebruik. We eindigen dit hoofdstuk met de hoofd- en subvragen die in dit onderzoek worden behandeld.

Urgentie van verduurzaming

Willen we de aarde bewoonbaar houden voor de mens is het volgens wetenschappers aan het Stockholm Resilience Center^{viii} van belang dat we binnen negen planetaire grenzen blijven (zie Figuur 1). De laatste update van dit raamwerk in april 2022 laat zien dat we inmiddels zes van de negen grenzen hebben overschreden: biodiversiteit, nieuwe entiteiten / chemische verontreiniging (bijv. gebruik van plastics), land-systeem verandering (bijv. als gevolg van intensieve landbouw), verstoring van fosfor- en

stikstofcycli, groen water (bijv. regen en bodemwater) en uiteraard de meest bekende: klimaatverandering als gevolg van uitstoot van onder andere CO₂.

Van oudsher ligt er veel aandacht op het terugdringen van CO₂-uitstoot, met name door emissies van fossiel energieverbruik terug te dringen. Onderzoek toont echter aan dat ruim 45% van de wereldwijde CO₂-emissies juist gekoppeld zijn aan productie en consumptie van

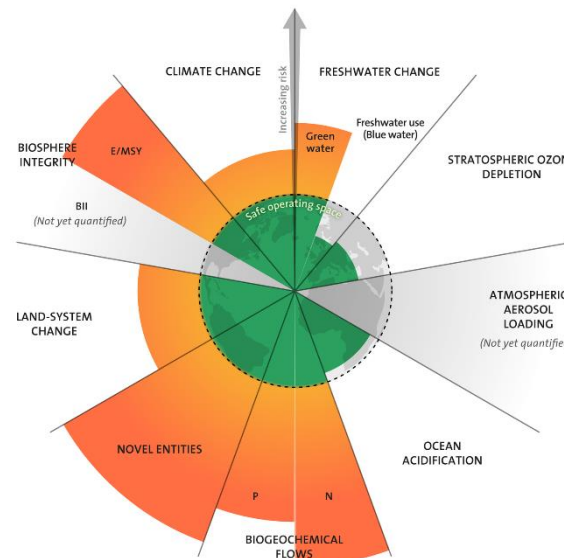
producten, gebouwen en voedsel^x. De circulaire economie biedt hierin een oplossing door juist de milieuschade als gevolg van die emissies te verlagen.

Naast CO₂ leggen wij in dit onderzoek ook veel aandacht op de andere twee grote crises^x volgens de Verenigde Naties die de mensheid bedreigt: verlies van biodiversiteit en persistente vervuiling.

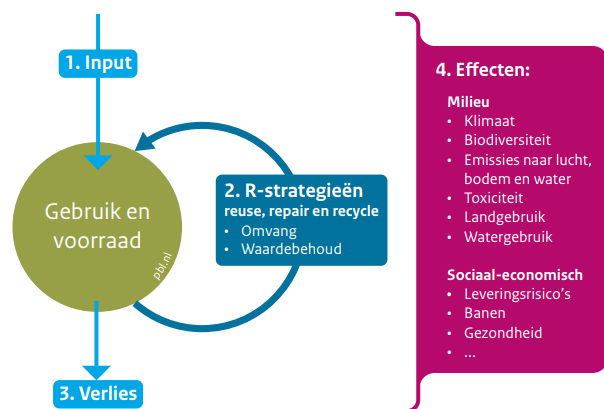
Circulaire economie

De circulaire economie is niet een doel op zich, maar een middel om de milieupact te verlagen. Dit kan grofweg door vier strategieën te hanteren^{xi}:

1. Het verminderen van de inputs (narrowing the loop);
2. Het verlengen van de levensduur van het product (slowing the loop);
3. Het minimaliseren van het verlies door de materialen hoogwaardig in te zetten in nieuwe cycli (closing the loop).
4. Substitutie van eindige grondstoffen door duurzaam geproduceerde hernieuwbare grondstoffen (bijv. biobased grondstoffen) of alternatieve primaire grondstoffen met minder milieudruk.



Figuur 1 | De negen planetaire grenzen^{viii}



Figuur 2 | Raamwerk voor doelen en indicatoren van monitoring circulaire economie (Bron: PBL, 2021)

Een randvoorwaarde bij deze strategieën is dat de milieudruk verlaagd wordt (Ad. 4 in Figuur 2) door de betreffende strategie te hanteren.

Dit is een belangrijk aandachtspunt bij dit onderzoek omdat bij eventuele substitutie van fossiele grondstoffen naar niet-fossiele grondstoffen als gevolg van het afschaffen van de vrijstelling voor niet-energetisch gebruik, dit wel moet leiden tot een lagere netto milieupact.

Duurzaamheid stimuleren met belastingen

Belastingen en heffingen worden historisch toegepast om publieke uitgaven te faciliteren. Naast de functie die belastingen hebben als inkomstenbron (opbrengstmotiefⁱⁱⁱ), kunnen belastingen ook ingezet worden om economische

beslissingen en gedrag te beïnvloeden – een prijsprikkel om de milieukosten te verlagen (corrigerend motiefⁱⁱⁱ).

Er zijn diverse beleidsopties die invulling kunnen geven aan het verhogen van de belasting van milieuschade, zoals het verhogen van de energiebelasting, het toepassen van een heffing op CO₂-emissies maar ook het afschaffen van vrijstellingen en uitzonderingsposities^{xii}. In algemene zin kan gesteld worden dat er de afgelopen decennia veel aandacht is geweest voor milieubelastingen die gekoppeld zijn aan de emissies van de bedrijfsvoering zelf, bijvoorbeeld middels EU ETS, de nationale CO₂-heffing of de Energiebelasting. Er is veel minder aandacht geweest voor milieubelastingen gekoppeld aan feedstockgebruik. De plek waar een heffing wordt toegepast – aan de 'voorkant' van het proces of juist aan de 'achterkant' heeft waarschijnlijk wel invloed op de keuzes die ondernemers maken.

Omvang van milieuschade

Volgens onderzoek van PBL in 2017^{xiii} is de totale milieuschade als gevolg van productie in Nederland €38 miljard. Op basis van een verhoging van de milieuprijzen in de periode 2017-2021 van 3,2 (zie Bijlage 3) zijn de geactualiseerde milieukosten voor 2021 zelfs €122 miljard (dit is wel wederom gekoppeld aan emissies). Hier staat tegenover dat de opbrengst van milieubelastingen vanuit bedrijven in 2021

slechts €11 miljard was, 9% van de geschatte totale milieuschade^{xiv}. Duidelijk is dus dat het principe 'de vervuiler betaalt' nog onvoldoende wordt toegepast', waardoor de maatschappelijke lasten van de vervuiling wordt afgewenteld elders en op generaties na ons. Aanvullende milieuheffingen zouden ingezet kunnen worden om deze milieuschade (gedeeltelijk) te kunnen dekken.

Complexiteit van milieubelastingen

Het invoeren van nieuwe vormen van milieubelastingen worden vaak bekeken in de context van de economische effecten. Aan de ene kant wordt vaak beargumenteerd dat een milieuheffing ook een 'grondslagerosie' kent van de belastinginkomsten omdat het corrigerende motief werkt en bedrijven daardoor minder gaan vervuilen en vervolgens minder milieubelasting hoeven te betalen. Ook worden milieubelastingen vaak in een breder economisch perspectief bekeken – namelijk wat verregaande milieubelastingen doen met het nationale vestigingsklimaat.

Niet-energetisch gebruik fossiele grondstoffen

Anno 2023 wordt het energetisch gebruik van fossiele grondstoffen belast middels de energiebelasting, kolenbelasting of Wet op Accijns. Het niet-energetisch gebruik van deze

grondstoffen is echter vrijgesteld. Het gaat hierbij om^{xv,vii}:

- Gebruik van kolen anders dan brandstof, bijvoorbeeld voor de productie van actieve kool of de reductie bij staalproductie en ijzergieterijen;
- Duaal gebruik van kolen, bijvoorbeeld in het suikerproductieproces;
- Gebruik van aardgas anders dan brandstof, bijvoorbeeld voor de productie van kunstmest, methanol of waterstof;
- Verbruik van minerale oliën die niet zijn bestemd om te worden gebruikt als brandstof.

In Hoofdstuk 4 kijken wij verder naar de omvang van het niet-energetisch gebruik per sector.

De gedachte achter het afschaffen van de vrijstelling is dat een deel van de emissie-veroorzakende atomen (waaronder koolstof) in deze producten wordt opgeslagen, maar alsnog op een later moment in de atmosfeer terecht kan komenⁱⁱⁱ. De milieuschade die hieruit voortkomt wordt op dit moment niet geprijsd. Wanneer bedrijven wel belast worden voor het gebruik van fossiele grondstoffen als feedstocks, zullen zij hiertoe ontmoedigd worden.

Er zijn echter ook veel vragen over de effectiviteit van het afschaffen van deze vrijstelling – zo is onduidelijk of de substitutie van fossiele naar niet-fossiele grondstoffen (bijv. van primaire fossiele kunststoffen naar biobased kunststoffen) ook leidt tot een lagere milieupact. Ook is het onduidelijk of een dergelijke afschaffing zou leiden tot weglekeffecten, temeer omdat de Europese richtlijn ook een dergelijke vrijstelling voor het niet-energetisch gebruik van fossiele grondstoffen voorschrijft in de Energy Tax Directive^{xvi}. Deze vragen worden onderzocht in dit onderzoek.

Onderzoeksvragen

Binnen dit onderzoek luidt de hoofdvraag: **Wat is de effectiviteit en haalbaarheid van het afschaffen van de vrijstelling op niet-energetisch gebruik van fossiele grondstoffen?**

Onderstaande sub-vragen zullen hierin beantwoord worden:

Ten aanzien van de effectiviteit:

- Wat is de omvang van de vrijstellingen op dit moment?
- Welke sectoren genieten in Nederland het meeste van deze vrijstelling, en zijn daarmee het meest relevant om verder te onderzoeken?

- Welke substitutiemogelijkheden zijn er binnen de gekozen sectoren?
- Leidt deze substitutie ook tot een lagere milieupact, waarbij we breder kijken dan enkel CO₂?
- Wat zijn de economische effecten (bijv. concurrentiepositie en weglekeffecten) van het afschaffen van de vrijstelling?
- In hoeverre draagt het afschaffen van de vrijstelling bij aan het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen?

Ten aanzien van de haalbaarheid:

- Zijn er voldoende voorraden van alternatieve grondstoffen voor substitutie?
- Welke praktische gevolgen heeft deze afschaffing in de praktijk?
- Welke randvoorwaarden zijn er voor de invoering van deze maatregel vanuit de sector?

3. Onderzoeksaanpak

In dit hoofdstuk wordt de onderzoeksaanpak nader toegelicht. Deze aanpak bestaat uit vier stappen, die in Figuur 3 visueel worden weergegeven.

Stap 1 | Bepalen sectoren & omvang vrijstellingen

In eerste instantie is bepaald welke sectoren/bedrijven een vrijstelling op het niet-energetisch toepassen van aardgas, olie of kolen hebben. Op basis hiervan zijn de sectoren met de hoogste niet-energetische toepassing van fossiele grondstoffen geïdentificeerd. Hiermee is ook de afbakening van het onderzoek bepaald.

Voor het bepalen van de omvang van de vrijstellingen zijn de fossiele grondstoffen voor zover mogelijk gekoppeld aan een belasting- of accijnstarief.

Hiervoor zijn de volgende bronnen gebruikt:

- Aardgas – Energiebalans; aanbod en verbruik, sector^{xvii}, Wet belastingen op milieugrondslag^{xix}
- Olie – Energiebalans; aanbod en verbruik, gesprekken met de Belastingdienst/Douane/Ministerie van Financiën^{xviii}, Wet op de accijns^{iv}



Figuur 3 | Onderzoeksaanpak

- Kolen – Tabellen tarieven milieubelastingen^{xix} i.c.m. kolen- en kolenproductenbalans, aanbod en verbruik^{xx}, Wet belastingen op milieugrondslag^{xxi}

Stap 2 | Interviews met relevante partijen

Door middel van interviews met verschillende bedrijven of belanghebbenden (zie Bijlage 4) in de te onderzoeken sectoren is inzicht verkregen in de drijfveren van bedrijven om te substitueren en mogelijke barrières. De relevante partijen zijn geïdentificeerd op basis van de inzichten uit stap 1.

Stap 3 | Eerste orde economische effecten & CO₂-impact afschaffen vrijstelling

Het afschaffen van de vrijstelling leidt tot kostprijsverhogingen in (voornamelijk) de chemische industriesector in Nederland. De eerste orde economische effecten hiervan zijn in kaart

gebracht met behulp van een Environmentally Extended Multi Regional Input Output (EEMRIO) model op basis van input-output tabellen uit de FIGARO database van Eurostat. Hiermee zijn de prijsverhogingen voor de relevante sectoren in Nederland, België en Duitsland ingeschat die het resultaat zijn van het afschaffen van de vrijstelling. Hiermee is vervolgens de eerste orde impact op binnenlandse vraag en export bepaald, en in het verlengde daarvan de impact op CO₂-emissies. Een studie door de Nederlandsche Bank (DNB) naar een CO₂-prijs^{xxii} diende als basis voor de gekozen methode.

Stap 4 | Alternatieve productiemethoden en analyse

Met de inzichten verkregen uit de drie eerdere stappen is geconcludeerd dat de kunstmestsector en de kunststoffensector (inclusief toeleveranciers) de sectoren zijn die het meest beïnvloed worden door het afschaffen van de

vrijstelling. Voor deze sectoren zijn alternatieve productiemethoden (met andere bronnen van grondstoffen) geschetst en geanalyseerd op hun impact. Het doel van het in kaart brengen van deze alternatieve methoden is dat aandachtspunten in kaart worden gebracht voor vervolgonderzoek en zodoende ook aanpalende beleidsmaatregelen.

4. Omvang van vrijstellingen en afbakening

In dit hoofdstuk wordt de omvang van het niet-energetisch verbruik van fossiele grondstoffen in kaart gebracht, waarna vervolgens de omvang van de vrijstellingen bepaald kan worden. Op basis van deze analyse zijn keuzes gemaakt ten aanzien van het verdere onderzoek en de afbakening.

Omvang niet-energetisch gebruik

Verbruik in Nederland

Allereerst is in kaart gebracht wat het niet-energetisch gebruik is van fossiele grondstoffen. Op basis van onze analyse blijkt dat het merendeel van het niet-energetisch gebruik van fossiele grondstoffen herleid kan worden tot het gebruik van respectievelijk aardolie, aardgas en aardgascondensaat (zie Figuur 4). Het niet-energetisch gebruik van kolen is zeer beperkt in vergelijking met de andere fossiele grondstoffen.

Selectie sectoren

Wanneer er vervolgens wordt ingezoomd op welke industrieën grootverbruikers zijn van de grondstoffen voor niet-energetische doeleinden (zie Tabel 1 en Bijlage 2), ontstaat het volgende beeld:

- Aardgas: kunstmestindustrie (58% van het niet-energetisch gebruik aardgas);
- Aardolie: (petro)chemische industrie (95% van het niet-energetisch gebruik aardolie);
- Aardgascondensaat: hier is weinig data voor beschikbaar, maar de toepassing hiervan is vergelijkbaar met aardolie in de (petro)chemische industrie;
- Kolen: metaalproducten en machine-industrie (74% van het niet-energetisch gebruik).

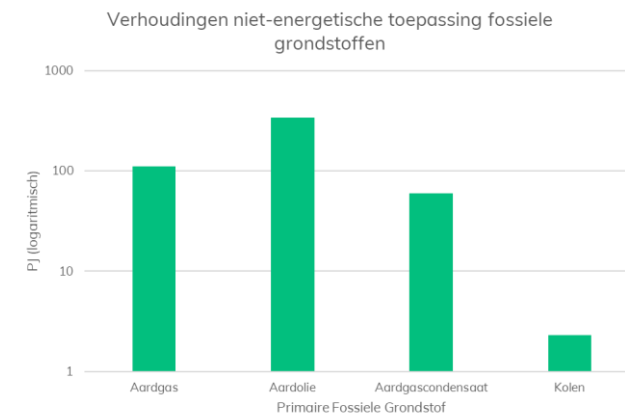
Deze sectoren – en het bijbehorende niet-energetische verbruik van de grondstoffen – vormen de basis van de analyse. Op de volgende pagina en in bijlage 2 worden bovenstaande cijfers nader toegelicht.

Selectie van sectoren

Op basis van de omvang van het niet-energetisch gebruik van grondstoffen hebben we voor elke fossiele grondstof keuzes gemaakt ten aanzien van het verdere onderzoek.

Aardgas

Voor de verdere analyse voor aardgas hebben we ons gericht op de stikstofhoudende



Figuur 4 - Niet-energetisch gebruik fossiele grondstoffen in 2021 (in PJ en met logaritmische schaal)

Tabel 1 | Hoeveelheid niet-energetisch gebruik per sector in PJ

Sector	Niet-energetisch gebruik 2021 (PJ)
Organische basischemie	396,9
Kunstmestindustrie	59,3
Industriële gassenindustrie	23,2
Overige anorganische chemie	17,3
Elektrische apparatenindustrie	8,7
Bouwnijverheid	4,5
Totaal binnenlands vervoer	2,7
Overige chemische industrie	2,5
Kleur- en verfstoffenindustrie	0,7
Kunststof- en rubberindustrie	0,3
Ijzer en staalindustrie	0

kunstmestindustrie. Zoals hierboven benoemd vindt 58% van het niet-energetische gebruik van aardgas plaats in de kunstmestindustrie. Het aardgas wordt gebruikt om ammoniak mee te produceren, dit proces is nader toegelicht in hoofdstuk 6. Van het in Nederland geproduceerde ammoniak wordt 60-70% gebruikt in de kunstmestindustrie, de overige 30-40% wordt gebruikt in organische basischemie (bijvoorbeeld de productie van melamine en caprolactam)^{xxiii}.

Aardolie & aardgascondensaat

Voor de verdere analyse voor aardolie hebben we gekeken naar het kraakproces op basis van nafta en aardgascondensaat. Nafta is een aardolieproduct, en aardgascondensaat is een aardoliegrondstof. Dit in de wetenschap dat de producten die uit dit kraakproces komen vervolgens worden gebruikt als feedstock voor bijvoorbeeld de productie van kunststoffen. Deze processen zijn nader toegelicht in hoofdstuk 7.

Kolen

We hebben besloten om vanwege het kleine aandeel (in PJ) van niet-energetisch gebruik van kolen ons niet verder te richten op deze grondstof. Dat neemt niet weg dat wanneer een dergelijke vrijstelling wordt afgeschaft danwel een accijns

wordt toegepast op het niet-energetisch gebruik, dit wel van toepassing moet zijn op alle fossiele grondstoffen die gebruikt worden als feedstock. Dit mede vanwege het feit dat de hier genoemde grondstoffen ook elkaars substituten zijn – zo kan aardgas óók gebruikt worden voor de productie van melamine.

Omvang vrijstellingen

Na het in kaart brengen van het niet-energetisch gebruik is gekeken wat dit betekent voor de omvang van de vrijstellingen (in geval van aardgas en kolen) en de omvang van de niet van toepassing zijnde accijnzen (in geval van aardolie en aardgascondensaat). De omvang van de vrijstelling zijn op de volgende pagina grafisch weergegeven.

In deze analyse hebben we de huidige tarieven voor het energetisch gebruik als uitgangspunt genomen voor het niet-energetisch verbruik. Het afschaffen van de vrijstelling voor niet-energetisch verbruik – op basis van de gebruikscijfers van 2021 – zou leiden tot aanvullende jaarlijkse belastinginkomsten van €7,867 miljard. Dit bedrag is berekend op basis van gebruiksgegevens van 2021 in de huidige situatie waarbij deze heffingen niet worden

geheven, hierin is dus géén afname in productie door verhoogde kostprijs meegenomen.

Het toepassen van de huidige tarieven van het energetisch gebruik heeft als gevolg dat de grondstoffen verschillend worden belast: het tarief voor aardolie is relatief hoog ten opzichte van dat voor (grootverbruikers van) aardgas. Naast dat de energiebelasting op aardgas relatief laag is, is deze in een schijvensysteem opgesteld. Dit zorgt ervoor dat een grootverbruiker een lager tarief betaalt, en geeft daarmee een perverse prikkel voor grootgebruik af.

Afbakening

In deze verkenning onderzoeken we de macro-economische impact van het afschaffen van de vrijstelling van niet-energetisch gebruik van fossiele grondstoffen op de chemische sector. Vervolgens verkennen we op basis van kwalitatief en deels kwantitatief onderzoek wat de impact is van het afschaffen van de vrijstelling op de kunstmest- (aardgas) en kunststofproductie (aardolie). In deze sectorale analyses is omwille van informatiebeperkingen niet kwantitatief onderzocht wat de bedrijfseconomische impact is van aanvullende heffingen op de gesproken bedrijven.

Aardgas

Aardgas verbruik

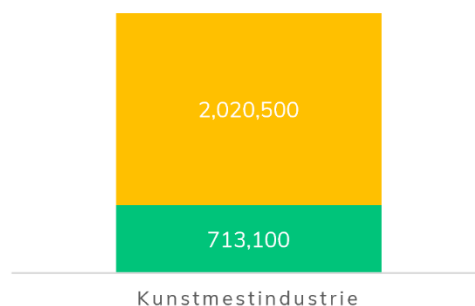
De kunstmestindustrie in Nederland verbruikt 2.020.500.000 m³ aardgas op niet-energetische wijze. Dit is flink meer ten opzichte van het energetisch verbruik van 713.100 m³.

Omvang vrijstelling

Voor de kunstmestindustrie omvat de vrijstelling op niet-energetisch verbruik van aardgas €26,2 miljoen. Dit is berekend op basis van de huidige tarieven op aardgas vanuit de energiebelasting (zie bijlage 2). Deze zijn opgebouwd aan de hand van schijven, waarbij een hoger verbruik een lager tarief geniet.

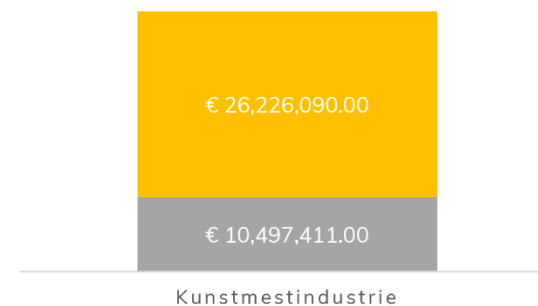
Aardgas verbruik

- Niet-energetisch verbruik 1000 m³
- Energetisch verbruik 1000 m³



Omvang vrijstelling energiebelasting

- Belasting energetisch verbruik
- Vrijstelling



Aardolie en aardgascondensaat

Aardolie verbruik

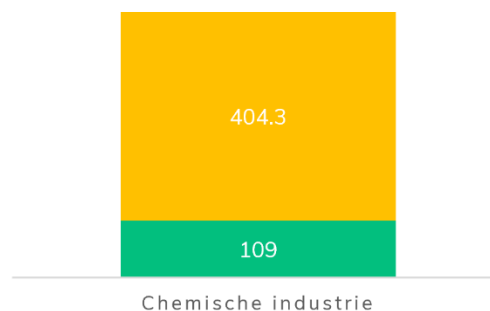
De (petro)chemische sector in Nederland verbruikt 404,3 PJ aardolie op niet-energetische wijze. Dit is flink tegenover het energetisch verbruik van 109 PJ in de sector.

Omvang niet-geheven accijns

Het niet heffen van accijns op niet-energetisch gebruik van aardolie omvat een bedrag van €7,8 miljard. Het overgrote deel hiervan komt voort uit het niet heffen van accijnzen op nafta en aardgascondensaat (zie bijlage 2).

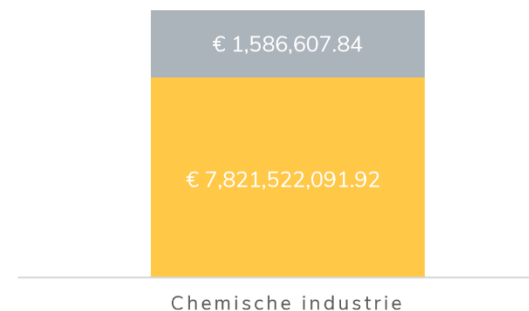
Aardolie verbruik

- Niet-energetisch verbruik (PJ)
- Energetisch verbruik (PJ)



Omvang vrijstelling accijns

- Belasting energetisch verbruik
- Vrijstelling



5. Eerste orde effecten afschaffen vrijstelling

In dit hoofdstuk kijken we naar de eerste orde effecten van het afschaffen van een vrijstelling voor het niet-energetisch verbruik van aardgas, aardolie en aardgascondensaat. Eerst gaan we in op de analyse die hiervoor gedaan is, en de daarbij horende afbakening. Vervolgens kijken we naar de economische- en milieueffecten.

Analyse en afbakening

De eerste orde effecten zijn in kaart gebracht aan de hand van een Environmentally Extended Multi-Regional Input Output (EEMRIO) model (zie bijlage 1 voor een uitgebreide toelichting). Hiermee modelleren wij de eerste orde effecten van een kostprijsverhoging door het opheffen van de vrijstelling en invoeren van accijns op niet-energetische toepassing voor de chemische sector in Nederland.

Het is mogelijk om binnen dit model ook andere simulaties te doen, bijvoorbeeld wat een kostprijsverhoging (als gevolg van een heffing) op Europees of noordwest-Europees niveau zou betekenen. Binnen deze studie is nu enkel gekeken naar een kostprijsverhoging van de chemische sector in Nederland, mede omdat naar ons weten in andere (noordwest) Europese landen

een dergelijke fiscale maatregel nog niet besproken wordt.

Deze eerste orde effecten zijn effecten die direct voortkomen uit een productievermindering, als gevolg van de hogere inputprijzen in de Nederlandse chemische sector. De resultaten geven ons hiermee inzicht in de mogelijke verschuivingen in sectoren en de orde grootte van de impact van de beleidsmaatregel. De resultaten zijn samengevat in Tabel 4 (top 10 sectoren), en worden in de volgende paragrafen uitgelegd en geduid.

Verdere doorwerking van de heffing op niet-energetische toepassing door keten-, substitutie- en weglekeffecten zijn geen onderdeel van de analyse. Het overgaan op alternatieven (substitutie-effecten) worden verder uitgewerkt in hoofdstuk 6 (aardgas) en hoofdstuk 7 (aardolie).

Eerste orde economische effecten

Kostprijsverhoging

Het afschaffen van de vrijstelling of toepassen van accijns zorgt ervoor dat het niet-energetisch gebruik van aardgas, aardolieproducten en aardgascondensaat duurder wordt. Voor de

Nederlandse chemische sector betekent dit een kostprijsverhoging van 23,3%, of €7,867 miljard. Dit is gebaseerd op de berekeningen uit hoofdstuk 4, waarbij in deze verkenning de energetische tarieven eveneens voor niet-energetisch gebruik zijn doorgevoerd – in feite hebben wij in dit onderzoek dus enkel gerekend met een afschaffing van de vrijstelling voor niet-energetisch gebruik.

De hoogte van de heffing is een onderwerp dat nader onderzocht moet worden, zeker omdat het merendeel (99,4%) van deze toegepaste kostenprijsverhoging terecht zou komen bij een klein aantal petrochemische bedrijven, waarbij het aannemelijk is dat de hoogte van dit bedrag grote economische consequenties heeft voor deze bedrijven. In een vervolgonderzoek zou de hoogte van de heffing ook in relatie tot de kostprijs van de grondstoffen nader onderzocht moeten worden.

Effect op prijs

Als gevolg van de kostprijsverhoging (input) in de chemische sector, stijgen de prijzen van de output. Voor de chemische sector in Nederland betekent dit een prijsverhoging van 5,72%. Ook in andere

sectoren Nederland, België en Duitsland is een prijsverhogend effect te zien (zie Tabel 4).

Effect op afzet

Als direct gevolg van een prijsstijging zal zowel de binnenlandse als de buitenlandse vraag afnemen. Voor de chemische sector zien we een daling in de vraag vanuit Nederland met 6,86%, en een daling van de vraag vanuit het buitenland met 11,66%.

Directe milieueffecten

Een verandering in de vraag leidt tot een lagere productie, die vervolgens gekoppeld kan worden aan een milieuimpact. Vanuit het model leiden we af dat de CO₂-uitstoot in de Nederlandse

chemische sector met 11,2% afneemt als gevolg van het afschaffen van de vrijstelling. Dit geldt voor alle sectoren waar een verandering in vraag ontstaat. Samen telt dit op tot een potentiële vermindering van 2,78 megaton CO₂-uitstoot per jaar. Volgens het model zou dit betekenen dat een afschaffing van de vrijstelling leidt tot 1,7% lagere CO₂-uitstoot voor Nederland.

Deze 2,78 megaton bespaarde CO₂-uitstoot draagt jaarlijks met 2,4% bij aan de totale reductie die vanuit het Klimaatakkoord^{xxiv} als doel is gesteld (49% minder broeikasgassen t.o.v. 1990).

Inzichten

De belangrijkste inzichten vanuit de analyse zijn als volgt. Ten eerste is duidelijk te zien dat het afschaffen van de vrijstelling en toepassen van accijns op niet-energetisch gebruik een prijsprikkel vooraan in de keten geeft, waarbij we zien dat door het kostprijs verhogende effect de vraag krimpt. De grondstoffen worden door de Nederlandse bedrijven op internationale handelsmarkten ingekocht, waar zij een relatief klein marktaandeel in wereldwijde consumptie hebben. Het is daardoor niet mogelijk om de extra kosten aan toeleveranciers (upstream) af te wentelen. Mogelijkheden tot afwenteling richting de afnemers (downstream) zijn daarnaast beperkt door het internationale karakter van de chemische

Tabel 2 | Eerste orde economische en milieueffecten van een kostprijsverhoging van de chemische sector in NL, top 10 meest beïnvloede sectoren

Sector	Land	Economische effecten			Ecologische effecten	
		Prijs-verhoging	Afzet binnenland	Afzet buitenland	Reductie in CO ₂ -eq.	Uitgedrukt in huishoudens (NL)
Manufacture of chemicals and chemical products	NL	5,72%	-6,86%	-11,66%	-11,2%	-110091
Manufacture of rubber and plastic products	NL	3,83%	-1,15%	-6,28%	-4,8%	-741
Manufacture of rubber and plastic products	BE	1,74%	-0,52%	-2,86%	-2,3%	-
Manufacture of chemicals and chemical products	BE	1,57%	-1,89%	-3,21%	-3,0%	-
Scientific research and development	NL	1,51%	-1,51%	-2,50%	-1,9%	-55
Manufacture of paper and paper products	NL	1,41%	-0,70%	-2,31%	-1,9%	-536
Manufacture of furniture; other manufacturing	NL	1,12%	-0,56%	-1,84%	-1,1%	-202
Manufacture of textiles, wearing apparel, leather and related products	BE	1,10%	-0,55%	-1,80%	-1,6%	-
Manufacture of textiles, wearing apparel, leather and related products	NL	0,95%	-0,48%	-1,56%	-1,2%	-88
Manufacture of chemicals and chemical products	DU	0,90%	-1,08%	-1,84%	-1,7%	-

sector waar prijzen Europees of wereldwijd worden bepaald^{xv}.

De maatregel werkt daarnaast door, en heeft effect op meerdere sectoren – veelal maakindustrie - in zowel binnen- als buitenland. De grootste verschuivingen zijn te zien in sectoren in Nederland, België en Duitsland. De resultaten laten daarmee de verwevenheid zien van de chemische sector in Nederland met die in België en Duitsland, en met de plastic (-verwerkende) industrie in België. Dit is te verklaren door de geïntegreerde chemische clusters in Nederland zoals Chemelot, dat voor een groot deel draait op halffabricaten die o.a. door kunstmestfabrikant OCI worden geproduceerd (zie ook hoofdstuk 6). Ook komt dit voort uit de verbindingen tussen de chemische industrie in Nederland met pijpleidingen voor aardolieproducten en halffabricaten voor plastics met grote chemische clusters in Antwerpen en het Ruhrgebied (zie ook hoofdstuk 7).

De beschreven eerste orde effecten laten zien dat er een verschuiving plaats zal vinden. Hoe die verschuiving er precies uit ziet kunnen we hier niet uit afleiden. De volgende hoofdstukken schetsen mogelijke alternatieven als substituuat voor aardgas in de kunstmestindustrie (hoofdstuk 6) en aardolie en aardgascondensaat in het kraakproces en verdere verwerking tot kunststoffen (hoofdstuk 7).

6. Afschaffen vrijstelling voor aardgas

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de effectiviteit van het afschaffen van de vrijstelling van niet-energetisch gebruik van aardgas voor de kunstmestindustrie. We kijken allereerst naar de functie van kunstmest in de huidige samenleving. Hierna kijken we naar de Nederlandse kunstmestindustrie en de afzetmarkt van deze Nederlandse kunstmestproductie. Vervolgens brengen we een aantal substituten in kaart voor aardgas als grondstof voor de kunstmestindustrie, waarna we deze alternatieve methoden beoordelen op hun effecten op het milieu en de economie.

De functie van kunstmest

Planten hebben in de basis nutriënten nodig (naast stikstof ook o.a. fosfaat en kali) voor hun groei. Kunstmest is de benaming voor alle nutriëntproducten voor planten die geen biologische oorsprong kennen. Kunstmest wordt sinds het midden van de 19^e eeuw geproduceerd, waarbij het in het begin van de 20^e eeuw lukte om stikstof uit de lucht te laten reageren met waterstofgas (H₂) tot ammoniak via het Haber-Bosch procedé. Het waterstofgas in dit proces wordt verkregen door het stoomkraken van aardgas tot H₂ en CO₂ (meestal 'grijze waterstof'

genoemd). Deze processen worden gekenmerkt door een hoge energievraag.

Het grootste voordeel van stikstof is dat het helpt bij de groei van planten. Met de toenemende wereldbevolking wordt daarom ook gepleit voor gebruik van kunstmest om sneller en meer voedsel te kunnen produceren^{xxvi}. Tegenstanders van grootschalig gebruik van kunstmest zijn echter kritisch omdat de snelle groei van planten door het gebruik van kunstmest zou leiden tot een vermindering van de voedingswaarde. Wetenschappelijke studies tonen aan dat de mineralengehaltes van o.a. groente en fruit met tientallen percentages zijn gezakt ten opzichte van 1940^{xxvii}.

Kunstmest in Nederland (Baseline)

Productie van kunstmest

Nederland kent een grote aanwezigheid van de kunstmestindustrie. Deze aanwezigheid is historisch gegroeid vanwege de lokale beschikbaarheid van cokesgas. Van de vijf kunstmestproducenten in Nederland zijn twee bedrijven die op dit moment door hun omvang de grootste voordelen ervaren van de vrijstelling van het niet-energetisch gebruik van aardgas: YARA

en OCI. Deze twee bedrijven hebben hun eigen ammoniak fabrieken van waaruit zij stikstofhoudende kunstmest produceren. Kunstmestproductie is verweven met andere industrieën omdat de huidige productieprocessen van kunstmest CO₂ in zeer zuivere vorm als bijproduct oplevert. Deze zuivere CO₂ wordt op verschillende manieren toegepast bij uiteenlopende industrieën, zoals de voedingsmiddelenindustrie en tuinbouw. Bij een verschuiving naar andere productiemethodes zou dit wegvallen.

Hoewel op nationaal niveau de emissies op een hoger abstractieniveau worden gedocumenteerd, kunnen we op basis van aanwezige bronnen een realistische schatting maken dat de kunstmestindustrie verantwoordelijk is voor bijna 2% van de Nederlandse directe CO₂-emissies^{xxviii,xxix}. Voor de totale kunstmestindustrie zien we dat de verhouding energetisch vs. niet-energetisch gebruik 1:3 is. De in Nederland gevestigde ammoniak installaties zijn volgens onderzoek van Meststoffen Nederland 10-12% efficiënter dan productielocaties^{xxx} in andere regio's, bijvoorbeeld in Noord-Afrika.

Gebruik van kunstmest

In 2015 was ca. 12% van de totale productie aan kunstmest (zowel stikstofhoudend als fosfaat- en kaliummeststoffen) bestemd voor de Nederlandse land- en tuinbouw, de overige 88% was bedoeld voor export^{xxx}.

Inmiddels is algemeen bekend dat er in Nederland een stikstofoverschot is. De landbouwsector draagt voor 45% bij aan de stikstofdepositie in Nederland^{xxxi}, waardoor de Nederlandse biodiversiteit onder druk staat en daarmee in direct verband staat met een van de drie grote crises voor de mensheid volgens de VN^{vii}. Het stikstofoverschot komt deels door de aanvoer van krachtvoer (uit gewassen die ook weer kunstmest vereisen), maar ook van kunstmest. Het stikstofoverschot lijkt weliswaar een dalende trend te hebben ingezet, maar wordt nog altijd geschat op 290 miljoen kg^{xxxii}. Wel zien we dat de hoeveelheid toegepaste stikstofmeststoffen in Nederland de afgelopen vier decennia aanzienlijk is gedaald, van ruim 483.000 ton in 1980 naar 207.000 ton in 2020^{xxvii}.

Agrariërs zijn gebonden aan stikstof-gebruiksnormen die verschillen per grond- en gewassoort. In aanvulling op deze stikstofgebruiksnormen geldt er ook een quotum voor het gebruik van dierlijke mest van 170 kg per

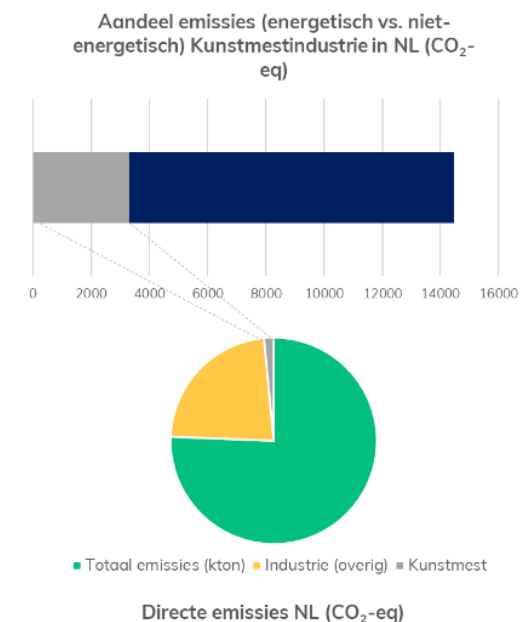
hectare^{xxxiii}. Voor de aanvullende stikstofruimte wordt doorgaans kunstmest ingezet.

Het toepassen van kunstmest leidt onder andere tot het vrijkomen van lachgas (distikstofoxide ofwel N₂O). Dit heeft zowel directe emissies tot gevolg, namelijk het vrijkomen van lachgas vanuit de bodem naar de lucht; maar ook indirecte emissies via depositie van ammoniak wat ook in het grond- en oppervlaktewater terecht kan komen^{xxxvii}. Ook wordt kunstmest, tezamen met andere eigenschappen van de huidige manier van landbouw bedrijven (waaronder bestrijdingsmiddelen, mechanisatie en niet hergebruiken van vrijkomende reststromen) gezien als belangrijke oorzaak voor de afnemende bodemvruchtbaarheid^{xxvii}. Wanneer we de milieupact van het Nederlandse gebruik van stikstofmeststoffen uitdrukken in CO₂-emissies zien we op basis van onze berekeningen dat dit leidt tot een jaarlijkse milieupact van 1,05 Mton CO₂-eq.

Beleidscontext

In de Transitieagenda Biomassa & Voedsel die in 2018 tot stand is gekomen uit een multi-stakeholdertraject om invulling te geven aan het Grondstoffenakkoord, is voor de Nederlandse situatie een toekomstbeeld geschetst waarbij:

- 60-70% benutting van stikstof wordt behaald over de hele kringloop in veevoer, meststoffen voedingsmiddelen en andere nutriëntenproducten door (1) maximaliseren van benuttingsefficiëntie; (2) verminderd verbruik; (3) lokale sluiting van kringlopen door hergebruik van nutriëntrijke reststromen; en (4) terugwinnen van resterend nutriëntenoverschot uit niet lokaal benodigde mest en rioolslib;



Figuur 5 | Directe emissies kunstmestindustrie in NL en extrapolatie embedded emissies

- Overblijvende input van stikstof in het landbouwsysteem zoveel mogelijk realiseren met natuurlijke methoden;
- Export van downstream herwonnen nutriënten uit voedselverwerking, mestverwerking en afval in balans met overblijvende import, via veevoer en kunstmest, van 'virgin' nutriënten^{xxxiv}.

De Transitieagenda Biomassa & Voedsel is inmiddels overgenomen door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid (LNV). Ook in de visie Waardevol en Verbonden van LNV wordt uitgegaan van een transitie naar Kringlooplandbouw in 2030 waarbij verminderd kunstmestgebruik een uitgangspunt is^{xxxv}.

Alternatieve productiemethoden kunstmest

Voor dit onderzoek kijken we naar verschillende (alternatieve) methoden danwel feedstocks voor het produceren van kunstmest, naast de huidige methode die hierboven beschreven is. Het is mogelijk dat een afschaffing van de vrijstelling van het niet-energetisch gebruik in meer of mindere mate leidt tot inzet op een van deze methoden. Onderstaand worden deze methodes nader uitgewerkt, waarbij we uitgaan van een vrij dominante inzet op de methode in kwestie zodat we – waar kwantitatieve berekening mogelijk is –

ook kunnen zien wat de impact is op o.a. de belastinginkomsten voor de Nederlandse staat en de milieupact. In realiteit zal waarschijnlijk een combinatie ontstaan van de verschillende productiemethoden. Hieronder beschrijven we deze methoden kwalitatief van minder duurzaam naar duurzamer.

Methode 1. Import ammoniak

In plaats van het lokaal produceren van ammoniak en kunstmest zou ammoniak ook ingekocht kunnen worden uit het buitenland. Deze import van ammoniak leidt tot een verhoogde mondiale milieupact; zoals hierboven beschreven is dat deels door de minder efficiënte installaties maar ook door het transport van ammoniak naar Nederland. Ook verschilt de samenstelling en calorische waarde van aardgas regionaal, wat eveneens kan leiden tot verschillen in de milieupact (waarschijnlijk een verhoging). We zien dat de emissies per kg N hoger zijn dan in de Baseline.

We gaan in deze methode uit van 60% import van ammoniak en 40% lokale productie van ammoniak. Dit is mede omdat de in Nederland gevestigde kunstmestfabrikanten die ook ammoniak produceren hun ammoniak ook leveren aan andere chemische partijen. Ook is de wereldwijde ammoniak markt op dit moment vrij

beperkt, waardoor er fysieke limieten zitten aan de import ervan.

Het is aannemelijk dat een verhoging van de prijzen van lokaal aardgas, bijvoorbeeld door een afschaffing van de vrijstelling voor het niet-energetisch gebruik, wel impact heeft op de keuze van ammoniak-producerende kunstmestfabrikanten om lokale productie gedeeltelijk af te schalen, wat ook het geval was bij de prijsstijgingen als gevolg van de oorlog in 2022. Op basis van de Speelveldtoets 2022 die is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van EZK is het onwaarschijnlijk dat verhogingen in prijs als gevolg van een dergelijke heffing doorberekend kunnen worden downstream^{xxxvi} door de beperkte marktmacht van de Nederlandse kunstmestfabrikanten. Desondanks is prijs (en een aanvullende heffing) niet de enige variabele die meespeelt in het besluit om lokaal te blijven produceren of ammoniak te importeren – immers zijn de in Nederland gevestigde installaties ook dermate efficiënt dat deze niet meteen afgeschreven zullen worden.

De lagere efficiëntie van ammoniakfabrieken elders zouden bij deze productiemethode waarschijnlijk leiden tot hogere mondiale emissies. Indien de productievolumes van kunstmest in Nederland gelijk blijven zou er

waarschijnlijk ook meer transport plaatsvinden, en dus ook hogere transportemissies zijn. Wanneer gekeken wordt naar de netto emissies upstream lijkt deze methode dus minder gunstig.

Een methode met gedeeltelijke import van ammoniak leidt in Nederland tot een lager energieverbruik en daardoor ook tot lagere nationale energetische emissies. We schatten daarbij in dat 44% minder energetische emissies worden uitgestoten in Nederland bij inzet op deze methode (1.77 Mton, bijna 1% van de jaarlijkse Nederlandse uitstoot). Deze methode leidt ook tot lagere inkomsten vanuit de Energiebelasting (op het energetisch verbruik) doordat een gedeelte van de productie en dus energieverbruik buiten Nederland plaatsvindt – hierbij wordt een daling van 39% van de huidige inkomsten uit Energiebelasting verwacht.

Indien een vrijstelling voor het niet-energetisch gebruik wordt afgeschaft – en dezelfde tarieven worden gehanteerd als voor energetisch gebruik – is het wel zo dat bij inzet op deze methode belastinginkomsten worden gegenereerd door het gedeelte van ammoniakproductie op basis van aardgas dat nog wel in Nederland plaatsvindt. Zonder neveneffecten mee te nemen zou deze aanvullende heffing ca. €10,5 miljoen bedragen,

ten opzichte van de €4 miljoen vermindering in inkomsten uit de Energiebelasting.

Doordat de chemische samenstelling van de geproduceerde kunstmest gelijk blijft verwachten wij bij inzet op deze methode geen aanzienlijke wijziging in de feedstockemissies van de geproduceerde kunstmest dat in Nederland wordt gebruikt. Ook verwachten wij geen significante wijziging in de huidige impact op de Nederlandse biodiversiteit.

Wij schatten het realisme van inzet op deze methode in als laag. Hoewel in 2022 door de hoge gasprijzen al een gedeeltelijke lokale afschaling van productie heeft plaatsgevonden, was dit ook een tijdelijke maatregel. Door de hoge investeringen in de installaties verwachten wij dat de producerende partijen pas bereid zijn om de productie permanent drastisch af te schalen en ammoniak te importeren bij een hoge kostprijsverhoging. Dit is een bedrijfseconomische afweging waarbij het interessant is om in vervolgonderzoek te verkennen wanneer dit omslagpunt bereikt wordt.

Methode 2. Groene waterstof

Bestaande producenten van stikstofhoudende kunstmest kijken voor de toekomst naar het toepassen van groene waterstof als feedstock

voor het ammoniakproductieproces als alternatief voor grijze waterstof. Groene waterstof kan o.a. geproduceerd worden middels elektrolyse van water met energie uit hernieuwbare bronnen zoals zon- of windenergie. Met deze waterstof wordt vervolgens het reguliere proces ingezet voor de productie van ammoniak en vervolgens stikstofhoudende kunstmest.

Het voordeel van groene waterstof als grondstof voor kunstmestproductie is dat er minder koolstofatomen vrijkomen in het productieproces. Daar staat tegenover dat waterstof wordt gezien als een van de meest populaire energiedragers van de toekomst: het lokale aanbod zal waarschijnlijk onvoldoende zijn om te voorzien in de vraag, ondanks dat de inzet van waterstof voor de productie van kunstmest wordt gezien als een van de grootste prioriteiten conform de waterstofladder^{xxxvii}.

Het importeren van waterstof als grondstof gaat gepaard met complexiteiten door de chemische eigenschappen. Internationaal transport van waterstof zal naar verwachting in de toekomst plaatsvinden in de vorm van ammoniak^{xxxviii}, wat grote parallellen kent met eerdergenoemde methode 1 (behalve dat de ammoniak groen geproduceerd wordt). In deze methode gaan we door de grote vraag aan waterstof uit van 20%

lokaal geproduceerde groene waterstof en 80% import middels groene ammoniak.

Bij inzet op deze methode gaat het energieverbruik met ca. 26% omhoog^{xxxix}. Door de inzet van groene stroom voor het verdere productieproces (van ammoniak naar kunstmest) verwachten wij hier ook een dempend effect op het totale grijze energieverbruik. Omdat waterstof voorsnóg op dezelfde manier wordt belast als aardgas^{xl} voorzien we bij inzet op deze methode een lichte verhoging ten opzichte van de Baseline voor de inkomsten uit Energiebelasting (ca. €1,2 mio). Wel gaan er stemmen op om het gebruik van waterstof te stimuleren via fiscaliteit, hierin wordt ook gepleit voor onderscheid tussen grijze, blauwe en groene waterstof^{xli}. Mochten dergelijke aanpassingen doorgevoerd worden is het denkbaar dat de inkomsten als gevolg van de Energiebelasting (energetisch gebruik) zouden afnemen.

Er wordt bij deze methode geen aardgas gebruikt voor de productie van waterstof. Bij de huidige belastingregels waarin groene waterstof hetzelfde wordt belast als aardgas¹ voorzien we dat een afschaffing van de vrijstelling voor het niet-energetisch gebruik wel zal leiden tot

¹ In de IBO wordt ook een wijziging voorgedragen voor het anders belasten van waterstof.

(aanzienlijke) belastinginkomsten voor de Nederlandse staat.

Dit methode heeft – naast de aanvullende Belastingverplichtingen – een nadelige economische impact op de bestaande kunstmestindustrie. Dit is enerzijds doordat de prijs voor groene waterstof op dit moment ruim vijf keer zo hoog is als voor grijze waterstof (al wordt hierin wel een dalende trend voorzien)^{xlii}; maar ook omdat een deel van de installaties (van aardgas naar waterstof) niet meer in gebruik zal zijn en dus afgeschreven moet worden. Op basis van de Speelveldtoets is hierin de aanname gedaan dat hogere kosten niet afgewenteld kunnen worden^{xxxvi}.

Wat betreft keteneffecten zijn die bij deze methode beperkt, omdat na de productie van waterstof hetzelfde proces wordt gevolgd. Door de substitutie van aardgas wordt enkel minder CO₂ uitgestoten^{xliii}. Wetenschappelijke bronnen schatten de CO₂-reductie van het proces op 91%^{xliv}.

Ook in Nederland verwachten wij lagere emissies door de inzet van groene stroom. De emissies per kg N liggen aanzienlijk lager dan in bij de Baseline.

Bij inzet op deze methode verwachten wij echter niet dat er nog andere positieve milieueffecten optreden bij het gebruik van het product, omdat de chemische samenstelling ongewijzigd is.

Methode 3. Secundaire stikstofbronnen

Een radicalere productiemethode voor de toekomst betreft het inzetten van secundaire bronnen van stikstof. Voor deze methode worden alle reststromen van organisch materiaal hoogwaardiger ingezet voor de bemesting van landbouwgrond, waarbij de volgende bronnen worden benut:

- Dierlijke mest;
- Reststromen van organisch materiaal van huishoudens, overheden en bedrijven;
- Reststromen van organisch materiaal die nu nog in het afvalwater verdwijnen;
- Baggerspecie^{xxvii}.

Op basis van een analyse van de beschikbare bronnen van stikstof is berekend dat dit leidt tot

Tabel 3 | Secundaire bronnen van stikstof^{xxviii}

Bron	Hoeveelheid N
Dierlijke mest	109.367.000
Compost	16.350.240
Reststromen uit afvalwater	102.087.000
Baggerspecie	25.000.000
Totaal	252.804.240

een beschikbaarheid van maar liefst 253.000 ton stikstof – ruim meer dus dan het in kaart gebrachte gebruik van 2020 (207.000 ton, zie tabel 2). In deze berekeningen is een verkleining van de veestapel o.a. al meegenomen.

We richten ons bij deze methode op het hergebruik van stikstof uit organisch materiaal in het afvalwater, omdat dit van de alternatieve productiemethoden de meest volwassen techniek is (anders dan inzet van dierlijk mest). Belangrijk aspect van deze methode is dat hiermee wordt uitgegaan van hergebruik van lokaal vrijkomende stikstofbronnen, met daarbij behorende limieten qua omvang. Bij deze methode is er dus geen (of beperkt) sprake van exportmogelijkheden van kunstmest, maar zou eerder de technologie om kunstmest te produceren uit afvalwater worden geëxporteerd. De productievolumes van in Nederland geproduceerd kunstmest gaan bij inzet op deze methode daardoor drastisch omlaag.

Op dit methode wordt op dit moment niet ingezet door gevestigde kunstmestbedrijven. Wel zien we in de sector ontwikkelingen op dit vlak, zo werkt het bedrijf GMB aan het omzetten van zuiveringsslib naar zwavel- en stikstofhoudende

meststof^{xlv}, waarbij het nu al lukt om 17.000 ton aan ammoniumsulfaat te produceren uit ruim 300.000 ton zuiveringsslib. Dit zou gelijk staan aan 0,66% van het totale Nederlandse gebruik van stikstofhoudend meststof². Hiervan wordt ook nog 30% geëxporteerd naar Duitsland.

Het gebruikte proces om van zuiveringsslib ammoniumsulfaat te produceren is energiezuiniger dan het traditionele Haber-Bosch procedé. Wetenschappelijke literatuur schat in dat gemiddeld 5,2 kWh / kg N aan energie nodig is om het zuiveringsslib biologisch te drogen, een procesluchtbehandeling te doorgaan en tot slot een zure wassing te doen van de proceslucht. Dit is significant lager dan de traditionele processen^{xxxix}.

Vanzelfsprekend is deze technologie niet gunstig voor de gevestigde kunstmestindustrie – immers zijn compleet nieuwe installaties nodig om over te gaan op deze techniek. Ook zullen in Nederland niet dezelfde productievolumes gehaald kunnen worden omdat de benodigde grondstof (zuiveringsslib) niet in deze mate aanwezig is.

Met name door de lagere productievolumes verwachten wij bij inze op deze methode wel aanzienlijk lagere emissies in Nederland. Ook is dit de enige methode waarbij wij een minder negatieve impact van de gebruiksfase voorzien. Doordat in deze productiemethode gebruik wordt gemaakt van vrijkomend stikstof zal de stikstofdepositie aanzienlijk verlaagd worden, wat een positief effect zal hebben op lokale biodiversiteit en bodemvruchtbaarheid.

Wij schatten in dat er ontwikkelpotentieel ligt in deze methode, ook omdat voor deze eerste verkenning maar één techniek verder is onderzocht, namelijk het verwaarden van stikstof uit zuiveringsslib omdat deze techniek voldoende matuur is. Een combinatie van bronnen en technieken is waarschijnlijk wel nodig om voldoende stikstofhoudende meststoffen te produceren voor de Nederlandse landbouwproductie. Hoewel er nu wel sprake is van gedeeltelijke export naar Duitsland is het onwaarschijnlijk dat deze methode een volledige vervanging zou worden van de traditionele kunstmestindustrie in Nederland. Dit is deels omdat we hier geen rekening houden met het type bemestingsproducten dat gewenst is in

² Het ammoniumsulfaat dat GMB produceert is ook zwavelhoudend en daardoor alleen toe te passen in specifieke seizoenen en bij specifieke gewassen.

Nederland, het is onwaarschijnlijk dat alles met ammoniumsulfaat bemest kan worden. Ook zou export zou eerder vorm krijgen in de door GMB ontwikkelde technieken dan het eindproduct (ammoniumsulfaat).

Een afschaffing van de vrijstelling op primaire grondstoffen zou de ontwikkeling van deze productiemethode wel kunnen helpen. De verkoopprijzen van het ammoniumsulfaat en andere kunstmesttypes zijn sterk afhankelijk van factoren zoals de prijs van aardgas, de economische conjunctuur en variëren bovendien met de seizoenen. Het heffen van belasting op primaire grondstoffen zou deze schommelingen kunnen helpen dempen. Het is echter onwaarschijnlijk dat *enkel* een afschaffing van de vrijstelling voor het niet-energetisch gebruik van aardgas zal leiden tot een grootschalige transitie naar deze productiemethode – dit heeft deels te maken met dat een set aan maatregelen (wortel en stok) effectiever zou zijn. Zo is een bijmengplicht genoemd als een van de aanvullende maatregelen die kan helpen om deze industrie te versterken. Óók de fysieke limieten die gekoppeld zijn aan deze techniek vanwege de lokale beschikbaarheid van stikstof in afvalwater vormen echter een uitdaging.

Tabel 4 | Samenvatting impact productiemethoden aardgas

	Methode 1 Import ammoniak	Huidige methode Baseline	Methode 2 Groene waterstof	Methode 3 Secundaire stikstofbronnen
Toelichting scenario	60% import ammoniak, 40% lokale productie	Huidige situatie	80% import, 20% lokale productie	Hergebruik lokale stikstofbronnen uit o.a. afvalwater, baggerspecie
Milieuimpact mondiaal				
Emissies (CO ₂ -eq)	- Aardgasmix in buitenland minder hoogwaardig, NH ₃ productie minder efficient, transportemissies		++ Ca. 91% lagere CO ₂ -emissies door transitie naar groene waterstof ^f	n.v.t. Transitie naar lokale stikstofproductie.
Milieuimpact NL				
Energetische emissies (CO ₂ -eq)	+ Lagere energetische emissies door NH ₃ productie elders		+ Lagere emissies door gebruik groene stroom	++ Lagere volume (geen export) en mogelijkheid tot gebruik groene stroom
Emissies (CO ₂ -eq per kg N)	- Tussen 4,5-7,8	Tussen 2,7-4,61	++ Tussen 0,17-0,31	+/- Tussen 2,7-4,2
Impact van gebruik	0 Chemische samenstelling stikstofhoudende kunstmest blijft hetzelfde		0 Chemische samenstelling stikstofhoudende kunstmest blijft hetzelfde	+ Geen input van virgin geproduceerd stikstof
Belastinginkomsten NL staat				
Energetisch verbruik (Energiebelasting)	- Lager energieverbruik in NL door gedeeltelijke weglek, schatting - 39%		+ Hoger energieverbruik. Ook geldt voor waterstof hetzelfde tarief als voor aardgas ^{1,2}	-- Lager energieverbruik door verwerking slib ³ >50% reductie in energiebelasting
Niet-energetisch verbruik (PFG)	- 60% reductie aardgasgebruik voor NH ₃ productie		- Reductie in aardgas gebruik door alternatieve productie waterstof / ammoniak	-- Geen gebruik fossiele grondstoffen (of vergelijkbaar) voor feedstock
Economische impact NL industrie				
Kunstmestindustrie	+/- Hogere prijzen NH ₃ mogelijk gedeeltelijke afschrijving installaties		-	-- Concurrentie alternatieve industrie, afschrijving installaties
Keteneffecten	- Weglek leidt ook tot keteneffecten bijv. bij chemische clusters		0 Na waterstof productie identiek proces	-- Transitie van aardgas af leidt tot stopzetten productie bijproducten

Conclusies

We zien na analyse van verschillende alternatieve productiemethoden dat een afschaffing van de vrijstelling van niet-energetisch gebruik van aardgas vooral negatieve economische impact heeft op de gevestigde kunstmestindustrie. Zowel de import van ammoniak (methode 1) als de transitie naar groene waterstof (methode 2) leiden tot prijsverhogingen voor de bestaande industrie die waarschijnlijk niet doorberekend kunnen worden downstream^{xxvi}. Beide methoden leveren wel een bijdrage aan de doelstellingen van het Nederlandse Klimaatakkoord, alhoewel de import van ammoniak wel zou leiden tot hogere mondiale emissies; en zodoende suboptimaal zijn vanuit het klimaat bekeken.

Een transitie naar een radicaler, meer circulaire productiemethode ligt vooralsnog niet binnen het perspectief van de bestaande industrie. In vervolgonderzoek is het interessant om de hoogte van een primaire fossiele grondstoffenheffing verder te onderzoeken voor de bestaande industrie, met name omdat in het geval van aardgas het overnemen van de tarieven voor energetisch gebruik voor grootverbruikers zoals de kunstmestindustrie met €0,013 per m³ beperkt is. Met deze tarieven verwachten wij niet dat een snellere adoptie van groene waterstof binnen bereik komt. Een bedrijfseconomische analyse van

de impact van een dergelijke heffing in relatie tot de kansrijkheid van de genoemde productiemethoden is tevens interessant, maar was buiten scope voor deze verkenning.

Op basis van deze verkenning zien we wel dat een vrijstelling van het niet-energetisch gebruik van aardgas een positieve prikkel kunnen vormen voor partijen zoals GMB die bezig zijn met het maken van kunstmest uit zuiveringsslib. Dit betreft echter wel een fractie van de totale kunstmestbehoefte in Nederland.

Een belangrijk aandachtspunt bij aardgas betreft ook de variatie in tarieven, waarbij grootverbruikers aanzienlijk lagere tarieven betalen voor het (energetisch) gebruik van aardgas. Het zou onlogisch zijn om deze lijn door te trekken naar het niet-energetisch verbruik, omdat het alsnog een stimulans biedt voor het gebruik van grote hoeveelheden fossiele grondstoffen.

7. Toepassen accijns voor aardolie

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de effectiviteit van het afschaffen van de vrijstelling voor niet-energetisch gebruik van aardolie voor de (petro)chemische industrie in Nederland, waarbij we verder inzoomen op het kraakproces ten behoeve van kunststofproductie op basis van nafta en aardgascondensaat.

We kijken allereerst naar de functie van kraken in de huidige samenleving. Hierna gaan we dieper in op de Nederlandse chemische industrie en de afzet van kunststoffen en de tussenproducten hiervan. Vervolgens brengen we een aantal substituten in kaart voor enerzijds nafta en aardgascondensaat als grondstof voor het kraken en anderzijds halffabricaten voor het verdere productieproces van plastics. Hierna beoordelen we deze alternatieve productiemethoden op hun effecten op het milieu en de economie.

De functie van stoomkraken

Raffinaderijen zetten ruwe aardolie om in lichtere koolwaterstoffen, waaronder nafta. Vervolgens zetten stoomkrakers deze nafta (en aardgascondensaat) om in olefinen: voornamelijk ethen en propen^{xlvi}. In het geval van kunststofproductie worden deze middels

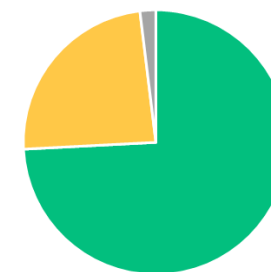
polymerisatie verwerkt tot polyetheen (PE) en polypropen (PP), respectievelijk. Deze stoffen gaan in de vorm van plastic korrels/pellets door naar de plasticindustrie voor verdere verwerking. Andere producten die via het kraakproces en verdere verwerking worden vervaardigd zijn bijvoorbeeld PUR-schuim, chemische oplosmiddelen en rubber.

Het stoomkraakproces in Nederland (Baseline)

Productie van organische basischemie

De stoomkraakinstallaties in Nederland en in de directe omgeving zijn: Dow (Terneuzen), Shell (Moerdijk), SABIC Chemelot (Geleen) en BASF (Antwerpen). Zoals de macro-economische analyse laat zien is de (petro)chemische industrie van Nederland nauw verbonden met de (petro)chemische industrie en plastic industrie in België en Duitsland. Deze verwevenheid is ook te zien aan de onderlinge verbindingen tussen de stoomkrakers, raffinaderijen en verdere verwerkingslocaties via onder andere de volgende pijpleidingen^{xlvii}:

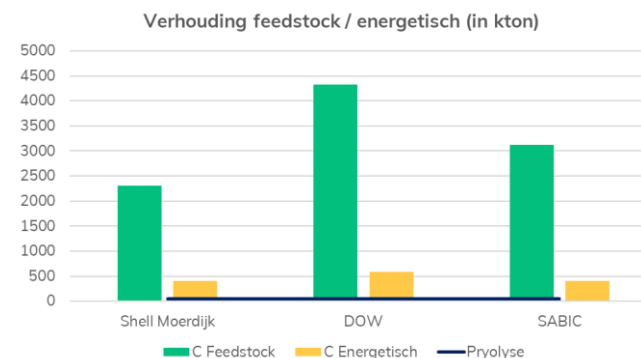
- Pijplijn Rotterdam – Ruhrgebied in Duitsland (via Venlo) voor o.a. nafta;



■ Totaal emissies (kton) ■ Industrie ■ Steam cracking

Directe emissies NL (CO₂-eq)

Figuur 6 | Directe emissies van kraakproces (in CO₂-eq)



Figuur 7 | Verhouding koolstof in feedstock vs. energetisch (in PJ)

- Pijplijn Terneuzen – Antwerpen – Rotterdam voor etheen, propyleen, nafta;
- Pijplijn Rotterdam – Beek (t.b.v. Chemelot) voor nafta en aardgascondensaat;
- Pijplijn Antwerpen – Limburg – Luik (t.b.v. Chemelot) voor nafta en aardgascondensaat.

Met deze kraakinstallaties, verwerkende industrie en onderliggende infrastructuur zijn grote bedragen aan gemaakte investeringen gemoeid.

Beleidscontext

De Transitieagenda Kunststoffen beschrijft een ambitieus scenario voor 2030 waarin gebruik wordt gemaakt van:

- 30% mechanisch recyclaat (750 Kton);
- 10% chemisch recyclaat (250 Kton);
- 15% biobased plastics (370Kton);
- 45% virgin kunststoffen (1090 Kton)^{xlviii}.

Ook wordt in de Transitieagenda Kunststoffen beschreven dat de lage prijs – inclusief het ontbreken van een accijns – van virgin kunststoffen een belangrijke belemmering vormt in de transitie naar de alternatieven.

Negatieve gevolgen van plastic

Het produceren en verwerken van plastics draagt bij aan de drievoudige planeetcrisis zoals gedefinieerd door de Verenigde Naties

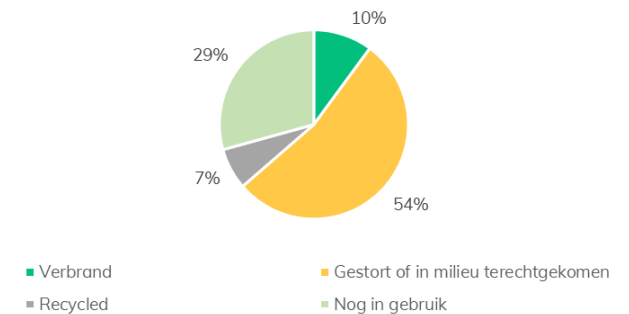
(klimaatverandering, vervuiling en biodiversiteitsverlies)*:

- Bijdrage aan klimaatverandering door de uitstoot van CO₂ tijdens de productie en bij het verbranden van plastic reststromen;
- Vervuiling door aanwezigheid van plastic als persistente stof in het milieu & ecosystemen;
- Biodiversiteitsverlies en bedreiging voor de volksgezondheid doordat microplastics doordringen in dieren, planten en onze eigen lichamen en natuurlijke processen verstoren.

Het stoomkraakproces is een grote bron van CO₂-uitstoot, voornamelijk omdat de grondstoffen verhit worden tot temperaturen tussen de 750° en 1100° Celsius en er grote hoeveelheden stoom worden ingebracht. De directe emissies van het kraakproces kunnen geschat worden op 2,6% van de Nederlandse emissies (zie Figuur 6). Per kilogram geproduceerd plastic uit primaire fossiele bronnen wordt 2,3 kilogram CO₂-equivalent uitgestoten^{xlix}. In Figuur 7 zien we dat het merendeel van de gebruikte koolstof echter als feedstock worden gebruikt, en dus als producten (bijvoorbeeld als kunststof) in onze economie terecht komen – slechts 14,6% van de koolstof worden direct uitgestoten.

De koolstof die middels feedstock in plastic producten terecht komt is relevant – deels omdat

Wereldwijde plasticproductie en -verwerking 1950 - 2017



Figuur 8 | Wereldwijde plasticproductie en -verwerking. Bron: From Pollution to Solution, Verenigde Naties 2022

ca. 10% van de wereldwijd geproduceerde kunststof wordt verbrand en dus alsnog CO₂-emissies veroorzaakt, zie Figuur 8.

Plastics zijn slecht afbreekbaar middels natuurlijke processen en als ze in het milieu en in ecosystemen terecht komen zullen ze daar als vervuilende persistente stof aanwezig blijven. Een bekend voorbeeld is de zogeheten *plastic soep* die in de oceanen aan de oppervlakte drijft. Maar, deze in het oog springende verschijningsvorm bedraagt naar schatting slechts 0,5 tot 1 procent van het plastic in de oceanen, de rest zit dieper in het water of ligt op de bodem. Ook in de landbodem hoopt zich plastic op^l. In plaats van af te breken zal dit plastic verwerken tot micro- en nanoplastics, en deze kunnen terecht komen in

(voedsel)gewassen en in organismen^{li}. De gezondheidseffecten hiervan zijn nog niet te overzien maar lijken te maken te hebben met de belangrijkste processen in de lichamen van mens en dier en zijn zeer zorgelijk^{lii}. Hiermee kan plastic leiden tot biodiversiteitsverlies.

Alternatieve productiemethoden

Voor dit onderzoek kijken we naar alternatieve productiemethoden voor het kraakproces op basis van nafta, naast de huidige methode (Baseline) dat hierboven beschreven is. Onderstaand worden deze methodes nader uitgewerkt, waarbij we uitgaan van een vrij dominante inzet op de methode in kwestie zodat we – waar kwantitatieve berekening mogelijk is – ook kunnen zien wat de impact is op o.a. de belastinginkomsten voor de Nederlandse staat en de milieupact. In realiteit zal waarschijnlijk een combinatie ontstaan van de verschillende productiemethoden.

De productiemethodes zijn niet uitputtend. Er zijn nog andere mogelijkheden, bijvoorbeeld biobased kunststoffen op basis van Polyactic Acid (PLA), electrificatie van de chemische industrie en e-raffinage^{liiii}, en carbon capture & utilization (CCU). Met laatstgenoemde techniek worden CO₂ en waterstofgas gecombineerd tot koolwaterstoffen, welke als substituuat voor de grondstof in het

kraakproces kunnen dienen. Vanwege beperkte informatie en/of beperkte toepassingsmogelijkheden zijn deze technologieën buiten beschouwing gelaten.

Methode 1. Importeren mono- en polymeren (substituut halffabricaat plasticproductie)

In plaats van het produceren van mono- en polymeren kunnen deze ook worden ingekocht vanuit het buitenland. Dit leidt tot een hogere mondiale milieupact door enerzijds efficiëntie verlies door productie in het buitenland en anderzijds transport. Wel zou een dergelijke productiemethode kunnen bijdragen aan de Nederlandse klimaatdoelen door het verschuiven van de energetische emissies buiten de landsgrenzen.

Bij deze productiemethode beschouwen we de situatie waarin mono- en polymeren worden ingekocht vanuit het buitenland in plaats van geproduceerd binnen Nederland. Dit betekent dat een vergelijkbaar productieproces in het buitenland plaats zal vinden, en dat de producten hiervan getransporteerd worden. Er wordt niet overgestapt op een duurzamer alternatief: het kraakproces zal niet verminderen, maar verschuift alleen naar het buitenland en de emissies vanuit transport worden hoger. Uit het oogpunt van milieupact is dit dan ook onwenselijker dan het

in Nederland kraken van nafta. In het bijzonder geldt dit bij de productie op basis van kolen, dat sterk vervuilerend is dan bij aardgascondensaat.

Landen en grondstoffen op basis waarvan deze import mogelijk plaats zou vinden zijn:

- Import uit de VS o.b.v. aardgascondensaat vanuit schaliegas.
- Import uit China o.b.v. gasificatie van kolen.
- Import uit Arabische Golfstaten o.b.v. aardgascondensaat vanuit aardgas.

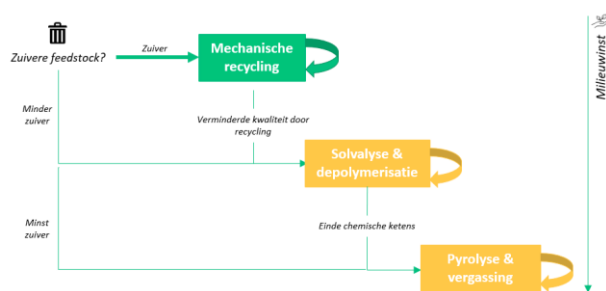
Recent onderzoek toont echter ook aan dat er grote verschillen zijn in de efficiëntie van de in Nederland gevestigde stoomkraak faciliteiten – sommige scoren ruim beter dan de gestelde EU normen, maar anderen ruim 25% boven deze norm^{liiv}.

Het grootschalig importeren van mono- en polymeren is niet erg waarschijnlijk. Nederlandse, Belgische en Duitse faciliteiten zijn namelijk op de in-house productie ingesteld. Nieuwe productie- en transportfaciliteiten zouden grote investeringen vragen en gemaakte investeringen in de huidige faciliteiten zouden als (deels) verloren beschouwd moeten worden.

Hypothetisch gezien zou bij inzet op deze productiemethode de Energiebelasting verlagen

Complementariteit chemische en mechanische recycling

Een toekomstscenario voor meer duurzame kunststoffen is een combinatie van chemische en mechanische recycling. Hierbij geldt deze volgorde van mate van duurzaamheid: mechanische recycling, via solvalyse of depolymerisatie en via pyrolyse of vergassing. Dit is afhankelijk van hoe zuiver de feedstock is. Hoe minder zuiver, hoe meer naar beneden in het figuur het proces plaats zal vinden. Hierbij neemt de efficiëntie van het proces en daarmee de milieuwinst van recycling af.



Figuur 9 | : Combinatie chemische en mechanische recycling

door verschuiving van een deel van de productie naar buiten de landsgrenzen. Het toepassen van accijnzen bij inzet op deze methode zou gelijkblijvend zijn wanneer er sprake is van een grensheffing.

Methode 2. Chemische recycling (substituut grondstof kraakproces)

In een tweede productiemethode worden nafta of monomeren deels vervangen door chemische recycling. Chemische recycling kent vier vormen^{lv}:

- Solvalyse, hierbij wordt feedstock met behulp van een oplosmiddel opgelost of gescheiden van andere materialen;
- Depolymerisatie, hierbij wordt feedstock met behulp van een oplosmiddel en warmte opgelost of gescheiden van andere materialen;
- Pyrolyse, hierbij wordt feedstock verhit en ontstaan er producten met korte ketenlengte;
- Vergassing, hierbij wordt feedstock verhit en afgebroken tot syngas moleculen die als basis dienen voor nieuwe monomeren.

Solvalyse en depolymerisatie zijn geschikt voor zuiverdere feedstock. Pyrolyse en vergassen zijn in staat inputstromen met een gevarieerde samenstelling te verwerken. Vanuit de petrochemische industrie wordt momenteel vooral

op pyrolyse ingezet. Om deze reden wordt alleen pyrolyse hieronder verder uitgewerkt.

Pyrolyse is het verhitten van plastic reststromen zonder zuurstof toe te voegen. Hierdoor vallen de verbindingen uit elkaar zonder dat er CO₂ wordt gevormd. De reststromen worden op deze manier omgezet in pyrolyse-olie, dat als substituut voor nafta kan dienen in het kraakproces^{lvii}.

Pyrolyse vormt het aantrekkelijkste alternatief voor grote (petro)chemische bedrijven zoals DOW en SABIC, wiens huidige installaties en infrastructuur zich goed lenen voor het pyrolyseproces. SABIC verwerkt jaarlijks al zo'n 5.000 ton plastic afval per jaar dat als pyrolyse-olie bij de kraker in Chemelot wordt bijgemengd^{lviii} en Shell werkt momenteel aan een pyrolyse upgrader unit in Moerdijk. Chemisch recyclen zal in de toekomst een belangrijke schakel vervullen doordat er minder gebruik wordt gemaakt van primaire grondstoffen; ook zijn de toepassingsmogelijkheden van de kunststoffen die uit dit proces voortkomen even groot als in de Baseline.

Chemische recycling is echter zeer energie intensief, ook wordt bij deze methode het stoomkraak- en polymerisatieproces behouden wat eveneens energie-intensief is. De CO₂-uitstoot wordt geschat op 3,2 kg per kg chemisch

recyclaat^{xlix,3}. Zodoende gaan wij bij deze methode uit van een verhoging van de Nederlandse en mondiale CO₂-emissies. De hogere energievraag leidt daarentegen wel tot hogere verwachte inkomsten als gevolg van Energiebelasting bij dominante inzet op deze methode.

De milieuwinst van chemische recycling is minder groot dan de milieuwinst bij mechanische recycling. Dit komt deels voort uit de hoge energie intensiteit van de (voorbehandelings-) processen, maar ook doordat voor elke kilogram plastic dat wordt verkregen uit pyrolyse 2 kilogram plastic reststroom benodigd is. Ter vergelijking: voor mechanische recycling is 1,25 kilogram plastic reststroom benodigd^{lviii}.

Daarnaast wordt de verkregen pyrolyse-olie bijgemengd bij nafta en zal er alsnog een inputstroom van fossiele grondstoffen blijven. We zien hierdoor dat een accijns voor het niet-energetisch gebruik lager zou zijn dan in de Baseline door lager verbruik van nafta en aardgascondensaat, maar wel blijven er inkomsten.

³ Dit is de CO₂-uitstoot cradle-to-gate en hierbij is de vermeden uitstoot van vervangen productieprocessen en van vermeden afvalverbranding niet meegenomen. Deze keuze is gemaakt omdat de input-output ratios

We voorzien bij inzet op deze methode geen prikkel tot verdere verduurzaming voor de petrochemische industrie, die haar huidige concurrentiepositie kan behouden op basis van deze techniek.

Wij schatten deze productiemethode in als een realistische deeloctie voor de toekomst van kunststoffen, maar we zouden op basis van de milieupact een volledige transitie naar deze methode als ongunstig bestempelen. Daarnaast zien wij een volledige transitie naar chemische recycling ook als onwaarschijnlijk – er is bij deze productiemethode een sterke afhankelijkheid van de beschikbaarheid van geschikte reststromen, maar ook de prijs daarvan. Waar de gevestigde industrieën wellicht betaald willen worden voor het afnemen de kunststofreststromen, zien chemische kunststofrecyclers juist waarde in de stroom. Dit creëert een spanningsveld in het business model van pyrolyse die waarschijnlijk niet op de korte termijn doorbroken zal worden.

van de mechanische en chemische processen niet gelijk zijn. Het chemische pyrolyse proces heeft voor elke kilogram geproduceerd recyclaat 2 kilogram plastic afvalstroom nodig, waar dit voor het mechanische

Methode 3. Mechanische recycling (substituut halffabricaat plasticproductie)

Een derde productiemethode betreft mechanische recycling, waarbij kunststof reststroom terug wordt gebracht tot plasticgranulaat. De reststroom wordt hierbij mechanisch vermalen en gesmolten, waarbij de scheikundige verbindingen worden behouden. Vervolgens worden hier plastic korrels/pellets van gemaakt die als basis dienen voor nieuwe plasticproducten. Deze manier van recycling zit een stap verder in de keten dan chemische recycling, en vermijdt daarmee het nogmaals kraken van grondstoffen. Het zorgt ervoor dat er minder fossiele grondstoffen nodig zijn, en biedt een oplossing voor de grote hoeveelheid aan kunststofafval.

De milieubelasting van mechanisch recycling is vele malen lager dan chemische recycling, de CO₂-emissies liggen tussen de 0,4 – 2,3 kg per kg mechanisch recyclaat^{xlxi,3}. Bij inzet op deze methode zien we daarom dat de energetische emissies zullen dalen – wat kan bijdragen aan zowel de nationale als de mondiale Klimaatdoelstellingen. Het lagere energieverbruik zal echter ook leiden tot lagere inkomsten voor de

proces 1,25 kilogram is. Deze inefficiëntie van het chemische proces wordt in wezen beloond als de vermeden uitstoot van afvalverbranding wordt meegerekend.

Energiebelasting. Het toepassen van een accijns voor het niet-energetisch gebruik zal ook lager zijn dan in de Baseline doordat er minder fossiele grondstoffen (nafta en aardgascondensaat) worden gebruikt.

Hoewel de milieubelasting van mechanische recycling gunstiger is dan bij chemische recycling, zijn er ook technische limieten voor mechanische recycling. Zo is het uitdagend om meerlaagse kunststof die veel wordt toegepast in voedselverpakkingen mechanisch te verwerken. Ook zijn de toepassingsmogelijkheden van mechanisch recycling minder groot, zo mogen de kunststoffen die uit dit proces voortkomen bijvoorbeeld niet toegepast worden in de voedselindustrie, uit hygiënische overwegingen.

Mechanisch recycling wordt al veel gedaan in Nederland en Europa: momenteel wordt er in Nederland al ongeveer de helft van het verpakkingsafval gerecycled met mechanische recycling. Als substituuut voor plastic halffabricaten wordt er echter nog maar in kleine mate gebruik gemaakt van dit alternatief. Dit heeft ermee te maken dat de huidige infrastructuur van de bedrijven nog niet ingesteld is op de inzameling-, sorteer-, transport- en recyclingactiviteiten die hiervoor nodig zijn. Daarnaast vormt de huidige afvalstoffenwetgeving en in het bijzonder het

toekennen van de 'einde afvalstatus' een belangrijke belemmering; op dit moment mogen alleen bedrijven met een afvalverwerkingsvergunning afgedankte kunststoffen verwerken en dit werkt kostenverhogend^{lix}. Ook is hier een sterke afhankelijkheid van beschikbaarheid van te recylen reststromen; er is 1,25 kg plastic reststroom benodigd voor de productie van 1 kg mechanisch recycklaat^{lviii}.

Grootschalige inzet op deze productiemethode zal niet gunstig zijn voor de gevestigde industrie, het steviger inzetten op mechanische recycling zal immers een afname betekenen in hun eigen afzet (bij gelijkblijvende vraag, waarbij het realisme van een dalende vraag wel betwist kan worden op mondiaal niveau).

Het heffen van een accijns voor het niet-energetisch gebruik van fossiele grondstoffen kan – net als een CO₂-heffing = helpen bij het economisch aantrekkelijk(er) maken van mechanische recycling. Op dit moment concurreren mechanische recyclers o.a. met afvalverbranding, omdat de verbranding van afval nog altijd geld oplevert. Er is hierdoor zelfs soms sprake van import van kunststoffen voor het mechanische recyclingproces. Een verplicht aandeel gerecycled content zoals in het Verenigd

Koninkrijk is ingevoerd (à 30%) kan helpen om de lokale markt voor mechanische recycling te versterken^{lx}; ook zou een verbod op de verbranding van recyclebaar kunststof – zoals nu in België door OVAM is voorgesteld kunnen helpen om mechanische recycling aantrekkelijker te maken.

Methode 4. Biobased kunststof (substituut halffabricaat plasticproductie)

In de categorie biobased kunststoffen maken wij een onderscheid tussen^{lxi}:

- Kunststoffen direct vervaardigd uit natuurlijke producten zoals maïs en suikerbieten. Hieronder valt bijvoorbeeld de kunststof Polylactic Acid (PLA). Deze kunststof is onder specifieke omstandigheden biologisch afbreekbaar.
- Kunststoffen die worden vervaardigd uit etheen dat is verkregen via bio-ethanol uit biomassa. Deze variant wordt verwerkt via reguliere productieprocessen en heeft daarmee ook de eigenschappen van gelijkwaardige kunststoffen van fossiele oorsprong. Hieronder vallen bijvoorbeeld de kunststoffen bioPE, bioPET en bioPP.

Voor de uitwerking van deze methode werken we de tweede variant op basis van bio-ethanol verder uit. Deze leent zich beter als substituuat voor primaire fossiele kunststoffen, gezien de beperkte toepassingen van PLA-achtige kunststoffen.

Voor de productie van biobased kunststoffen uit bio-etheen is minder energie nodig dan bij het traditionele stoomkraakproces. Hierdoor verwachten wij bij inzet op deze methode lagere inkomsten in de Energiebelasting. Indien een accijns wordt toegepast op het niet-energetische gebruik van aardolie zou bij deze methode ook sprake zijn van lagere belastinginkomsten voor het niet-energetische verbruik dan in de Baseline.

De milieuimpact van de biobased kunststoffen zijn aanzienlijk lager dan in de methodes waarbij er (gedeeltelijk) gebruik wordt gemaakt van fossiele grondstoffen; de CO₂-uitstoot van 1 kg biobased plastic wordt geschat op -1,0 tot 1.0 kg^{xlix}; waarbij de negatieve emissies het gevolg zijn van de biogene opslag van CO₂ in de groeifase.

Tabel 5 | Samenvatting impact productiemethoden kunststof

	Methode 1 Import mono- en polymeren	Huidige methode Baseline	Methode 2 Chemische recycling	Methode 3 Mechanische recycling	Methode 4 Biobased kunststoffen
Toelichting scenario	Import van etheen, propaan en andere halfabricaten	Stoomkraken o.b.v. nafta en aardgascondensaat	Stoomkraken met bijmengen van chemisch recycalaat verkregen uit pyrolyse	Plasticproductie met bijmengen van mechanisch recycalaat	Plastic o.b.v. ethanol verkregen uit reststromen landbouw- en voedselindustrie
Milieuimpact mondiaal					
Emissies (CO ₂ -eq)	- Verhoogde emissies door verlaagde efficiëntie en transportbewegingen		-- Verhoogde emissies door hoge energievraag van pyrolyseproces en behoud van stoomkraak- en polymerisatieproces	+ Verlaagde emissies door vermijden van energie-intensieve stoomkraak- en polymerisatieproces	++ Verlaagde emissies door biogene opslag van CO ₂ -eq*
Milieuimpact NL					
Energetische emissies (CO ₂ -eq)	++ Vermindering van productieprocessen in NL		-- Verhoogde emissies door hoge energievraag van pyrolyseproces en behoud van stoomkraak- en polymerisatieproces	+ Verlaagde emissies door vermijden van energieintensieve stoomkraak- en polymerisatieproces	
CO ₂ -footprint cradle-to-gate in 2018 ^{xlix} (kg CO ₂ -eq per kg plastic) Zie ook voetnoot 3	2,5	2,3	3,2	0,4 tot 2,3	-1,0 tot 1,0
Belastinginkomsten NL staat					
Energetisch verbruik (Energiebelasting)	-- Minder energieverbruik voor raffinage én stoomkraken in NL		++ Verhoogd energieverbruik voor pyrolyse én stoomkraken	- Minder energieverbruik voor raffinage én stoomkraken in NL	- Vermijdt stoomkraakproces en raffinage
Niet-energetisch verbruik (PFG)	-- Minder verbruik nafta & aardgascondensaat		- Minder verbruik nafta & aardgascondensaat	-- Minder verbruik nafta & aardgascondensaat (hoger % recycalaat mogelijk dan pyrolyse door hogere efficiëntie)	- Minder verbruik nafta & aardgascondensaat
Economische impact NL industrie					
(Petro)chemische industrie	-- Bedreiging van business model		+ Ondersteuning van business model	- Bedreiging voor business model	- Bedreiging voor business model

Biobased kunststoffen zoals bioPE, bioPET en bioPP kennen daarentegen ook uitdagingen. Allereerst zijn deze kunststoffen niet biologisch afbreekbaar^{lxii}. Ook scoren biobased kunststoffen minder goed op andere milieueffecten zoals landgebruik en concurreren daarbij ook met voedselproductie.

Een invoering van de accijns op niet-energetisch gebruik van aardolie zou kunnen helpen om biobased kunststoffen in prijs iets aantrekkelijker te maken dan de huidige fossiele alternatieven.

Conclusies

Na analyse van de verschillende productiemethoden zien we dat het toepassen van een accijns op het niet-energetisch gebruik van nafta en aardgascondensaat economische effecten heeft op de gevestigde stoomkraakindustrie. Nederlandse stoomkrakers hebben een beperkt marktaandeel waardoor een verhoging van de (milieu)kosten lastig door te berekenen zijn downstream^{xxxvi}, een dergelijke maatregel is daarmee economisch nadelig voor deze industrie. Vervolgonderzoek naar de bedrijfseconomische effecten van een primaire fossiele grondstoffenheffing op de gevestigde industrie is relevant om de effectiviteit van deze maatregel beter te kunnen plaatsen.

Prijsprikkels in de kunststof- en verwerkingsindustrieën zijn op dit moment wel bepalend in de dominante productie- en verwerkingstechnieken. De prijsdynamiek fluctueert echter sterk – niet alleen als gevolg van de olieprijs maar ook met andere wereldmarkten. Zo heeft het 'dumpen' van etheen uit aardgascondensaat vanuit overvloedig voorradig schaliegas in de Verenigde Staten op de EU markt in 2020 bijvoorbeeld veel impact gehad op het concurrentievermogen van mechanische recycling.

Desalniettemin is de verwachting dat een dergelijke accijns een boost zou geven voor mechanische recycling omdat het een belangrijke variabele vormt in het aantrekkelijker maken van mechanisch recycelaat ten opzichte van zowel productie van kunststof uit primaire bronnen maar óók ten opzichte van verbranding. De lage kostprijs van primaire kunststoffen is een hardnekkig probleem dat met het heffen van een accijns niet in één keer is opgelost; zo worden de maatschappelijke kosten door het Wereld Natuur Fonds geschat op het tienvoudige^{lxiii}.

Hoewel een accijns op primaire fossiele grondstoffen waarschijnlijk wel een steun in de rug is voor alternatieve productieprocessen voor kunststoffen zoals mechanische recycling, is

samenhangend beleid nodig om de transitie naar de circulaire economie te stimuleren. In deze verkenning zijn de volgende maatregelen genoemd:

- Een verplicht minimum percentage gerecyclede content, het Verenigd Koninkrijk hanteert hierbij 30%;
- Een heffing op het gebruik van primaire grondstoffen wanneer vereist percentage recyclede content niet wordt gehaald, eveneens zoals ingevoerd in het VK^{lvi};
- Verbod op storten en verbranden van reststromen die recyclebaar zijn;
- Herzien van einde afvalstatus van weggegooid kunststoffen.

Bovengenoemde beleidsmaatregelen zouden volgens diverse geïnterviewden (zowel van de gevestigde als opkomende industrieën) op Europees niveau ingevoerd moeten worden. Weglek buiten Europa is hiermee niet uitgesloten, maar blijft een uitdaging; het is daarentegen veel complexer voor partijen actief in o.a. mechanische recycling om staande te blijven wanneer beleidsmaatregelen nationaal worden ingevoerd.

Alle methoden kennen vanuit milieutechnisch oogpunt nadelen. Geen van de alternatieve methoden raken bijvoorbeeld aan de bedreiging die plastic vormt voor de volksgezondheid en

biodiversiteit^x. Ook hebben we in dit onderzoek met name gekeken naar de productie van grondstoffen en halffabricaten, daarmee is de gekozen scope ook vrij lineair. Alleen de PLA-achtige kunststoffen bieden een oplossing die ook biologisch afbreekbaar kan zijn, maar deze optie is in dit onderzoek niet verder verkend. Zowel chemische- als mechanische recycling betreffen laagwaardige vormen van circulariteit; in de transitie naar de circulaire economie is het belangrijk om ook de consumentenzijde te betrekken waardoor bijvoorbeeld het verminderen van kunststofgebruik en het hergebruik van producten ook binnen scope komen. Met reductie aan de vraagkant en door hoogwaardig hergebruik te faciliteren en te stimuleren kunnen grote slagen gemaakt worden in de verduurzaming van de kunststoffensector. Een concreet voorbeeld hiervan zijn de hergebruikdoelstellingen uit de verpakkingsverordening.

8. Limitaties

In dit hoofdstuk bespreken we beknopt de limitaties van dit onderzoek. Deze limitaties bieden tevens inzicht in mogelijke vervolgonderzoeken.

Beperkte data en omgang belastingtarieven aardolie

Helaas was er geen directe data beschikbaar voor het (niet-) energetisch verbruik van aardolie, waar dit bijvoorbeeld voor aardgas wel aanwezig was bij het CBS. Voor aardolie gelden verschillende belastingtarieven voor de verschillende energiedragers. Daarnaast konden niet alle energiedragers 1-op-1 toegewezen worden aan een tarief. In overleg met het ministerie van Financiën en de Belastingdienst/Douane zijn de belastingtarieven toegewezen aan het best passende tarief.

Naast dat bovenstaande gebaseerd is op aannames, heeft deze analyse ook veel tijd gekost die op voorhand niet voorzien was.

Omgang met aardgascondensaat

Aardgascondensaat is een aardoliegrondstof, waarvoor geen belastingtarief geldt. Het afschaffen van een vrijstelling zou dus voor deze

energiedrager in eerste instantie niks betekenen. Echter betreft aardgascondensaat een significant deel van het totaal niet-energetisch verbruik van aardoliegrondstoffen en -producten (60 van de 402.8 PJ). In overleg met I&W en het ministerie van Financiën is ervoor gekozen om aardgascondensaat wel mee te nemen in de berekeningen ten aanzien van respectievelijk de omvang van het niet-energetisch verbruik en de omvang van de vrijstellingen. Aardgascondensaat komt qua producteigenschappen het dichtst in de buurt van een ongelode lichte olie door het grote benzeengehalte. Dit tarief is gebruikt.

Tarieven voor energetisch gebruik toegepast

Binnen dit onderzoek is voor de berekeningen en analyses gewerkt met de huidige prijzen voor het energetisch gebruik. Dat wil zeggen – voor aardgas is voor de omvang van de vrijstelling gerekend met hetzelfde tarief als dat zou gelden voor het energetische gedeelte. Doordat er voor aardgas een degressief tarievenstelsel is vastgesteld, zien we dat de aanvullende heffing beperkt is. De traditionele kunstmestindustrie kent door haar grootverbruik van meer dan 10 miljoen m³ een heffing van slechts €0,013 per m³. Ter

vergelijk – een kleinverbruiker van aardgas die minder dan 170.000 m³ gebruikt betaalt €0,3632 per m³ – bijna het achtentwintigvoudige (zie ook Bijlage 2).

Voor aardolie zijn de accijnzen van de verschillende energiedragers voor het energetisch gebruik toegepast voor het niet-energetisch gebruik. Hierbij is een vlaktarief gehanteerd. In realiteit zou ook gevarieerd kunnen worden met deze tarieven, door bijvoorbeeld een hoger of lager tarief toe te kennen aan feedstock gebruik.

Selectie van bedrijven gesproken

Qua omvang betreft dit project een eerste verkenning naar de haalbaarheid en effectiviteit van een primaire fossiele grondstoffenheffing. In dit project is een selectie van bedrijven gesproken, waarbij met name de meer kwalitatieve aspecten van een afschaffing van de vrijstelling in kaart is gebracht. De kwantitatieve analyse is op basis van aannames gedaan. Hierin zijn ook geen keteneffecten doorerekend, hoewel deze wel kwalitatief in kaart zijn gebracht. Deze keteneffecten vergen verder onderzoek.

Macro-analyse op basis van hoog aggregatie niveau

Voor de macroeconomische analyse (zie Bijlage 1) is vanwege de beschikbaarheid van data gewerkt met een hoog aggregatieniveau. De analyses zijn gedaan op basis van een verschuiving in prijs en vraag van de gehele chemische industrie. Er was geen data beschikbaar over onderliggende industrieën zoals bijvoorbeeld de kunstmestsector.

Lineaire analyse

In de kwantitatieve analyses voor respectievelijk aardolie en aardgas is gekeken naar de productie-LCA's van de alternatieve grondstoffen en technieken. Vooral in het geval van aardolie valt het op dat door de keuze in scope van de LCA-analyses er eigenlijk geen circulaire analyse is gedaan van de alternatieven. In het geval van kunststof is het niet alleen belangrijk dat de productietechnieken verduurzaamd worden, maar óók dat ingezet wordt op (hoogwaardige) vormen van hergebruik en op kunststoffen die (hoogwaardig) gerecycled kunnen worden.

Toch is er gekozen om af te wijken van de scope van de LCA-berekeningen zoals uitgevoerd door CE Delft. In tegenstelling tot de studie van CE Delft hebben wij de CO₂-uitstoot genomen van cradle-to-gate; hierbij is de vermeden uitstoot van

vervangen productieprocessen en van vermeden afvalverbranding niet meegenomen. Dit is enerzijds omdat we in deze verkenning hebben gekeken naar alternatieve productiemethoden en het dus zuiverder is om alleen de uitstoot van productie mee te nemen. Anderzijds viel op dat de input-output ratios van de mechanische en chemische processen niet gelijk zijn. Het chemische pyrolyse proces heeft voor elke kilogram geproduceerd recyclaat 2 kilogram plastic afvalstroom nodig, waar dit voor het mechanische proces 1,25 kilogram is. Deze inefficiëntie van het chemische proces wordt in wezen beloond als de vermeden uitstoot van afvalverbranding wordt meegerekend.

9. Inzichten en aanbevelingen

We zien in dit onderzoek dat een afschaffing van de vrijstelling op niet-energetisch gebruik van grondstoffen effect zal hebben op de Nederlandse economie en in het bijzonder op de Nederlandse chemische industrie. We zien in deze eerste verkenning een aantal spanningsvelden ontstaan die relevant zijn om nader te onderzoeken.

Uitkomsten

Macroeconomische analyse

De impact van een kostprijsverhoging als gevolg van een primaire fossiele grondstoffenheffing voor de chemische sector in Nederland van 23,3% is geanalyseerd in een EEMRIO model, waarbij we zien dat deze kostprijsverhoging met name prijsverhogende effecten heeft op de chemische en aanverwante industrieën in Nederland en directe buurlanden (België en Duitsland). De prijsverhogingen en daaruit voortkomende reductie in vraag leiden (in eerste orde effecten) tot een reductie van 2,78 Mton aan jaarlijkse CO₂-uitstoot en kunnen zodoende een bijdrage leveren aan de Nederlandse Klimaatdoelstellingen. In deze berekening zijn geen substitutie- of weglekeffecten meegenomen.

Microeconomische analyse

Op dit moment zijn er twee sectoren die het meeste 'genieten' van de vrijstellingen voor het niet-energetisch gebruik van fossiele grondstoffen. In het geval van aardgas is dat de kunstmestindustrie, in het geval van aardolie en aardgascondensaat is dat het stoomkraken door de (petro)chemische industrie wat leidt tot halffabricaten die gebruikt worden in de kunststofindustrie.

In de sectorale analyses zien we dat een primaire fossiele grondstofheffing economische impact heeft op de bestaande industrie. Prijsverhogingen kunnen leiden tot een gedeeltelijke weglek – een methode die meer reëel lijkt in de kunstmestindustrie. Ook zouden prijsverhogingen een stimulans kunnen bieden voor de gevestigde kunstmest- en kunststofindustrieën om een transitie in te zetten naar andere feedstocks. Wel zien we dat de alternatieve productiemethoden waar nu op ingezet wordt door de gevestigde industrieën nog steeds uitgaan van een behoud van een deel van de productieprocessen. Het is aannemelijk dat dit ook komt door de hoge investeringen voor de assets. Deze alternatieve

productiemethoden hebben wel een positieve impact op de Nederlandse Klimaatdoelstellingen.

We zien echter ook dat het ontbreken van een primaire fossiele grondstoffenheffing een van de variabelen is die de ontwikkeling en schaalbaarheid van (radicalere) circulaire alternatieven tegenhoudt. Uit gesprekken met partijen actief in zowel mechanische recycling als de productie van stikstofhoudend meststof uit secundaire bronnen zien we dat de gunstige prijzen voor primaire fossiele grondstoffen een oneerlijke basis voor concurrentie bieden, wat één van de factoren is wat schaalbaarheid en dus transitie in de weg staat.

Inzichten

Géén heffing is ineffectief

Er is nog geen duidelijk beeld van de mate van effectiviteit van een feedstockheffing. Wat wel duidelijk is, is dat het niet hebben van de heffing ineffectief is, doordat het fossiel grondstofverbruik bevordert.

Vanuit het (fiscale) beleid wordt momenteel vooral gestuurd op energetische verduurzaming. Echter is het niet-energetische verbruik relatief groot, met

name in de chemische sector. Als resultaat van dit beleid is te zien dat de verduurzamingsmaatregelen die bedrijven momenteel ondernemen voornamelijk gaan over de verduurzaming van het energetische gedeelte van hun bedrijfsprocessen. Dit is waarschijnlijk mede doordat de EU-ETS en nationale CO₂-heffing op kortere termijn een economisch incentive bieden om deze aspecten te verduurzamen.

Een feedstock heffing, daarentegen, kan bijdragen aan het creëren van prikkels voor de opbouw van een nieuwe economie. Energiedragers worden in chemische processen als feedstock gebruikt. Hierin zijn de verhoudingen tussen stoffen chemisch bepaald. Om het niet-energetisch verbruik écht te verminderen zullen er radicaal andere processen moeten worden ingestoken, die bewegen naar een circulaire economie.

Er zijn al partijen die hiermee bezig zijn. Zo zien we in de kunstmestindustrie dat partijen zoals GMB bezig zijn om stikstof te halen uit waterzuiveringsinstallaties, en in de kunststoffenindustrie dat partijen als Avantium bezig zijn met het creëren van kunststoffen middels atmosferische CO₂.

Of een primaire fossiele grondstofheffing effectief is ligt aan meerdere factoren. De belangrijkste

factoren - voortkomend uit deze verkenning - worden hieronder een voor een uiteengezet.

Spanningsveld opgemerkt gevestigde en nieuwe industrie

In deze verkenning is duidelijk een spanningsveld opgemerkt tussen de mening van de gevestigde industrie over een primaire fossiele grondstoffenheffing enerzijds en de nieuwe (circulaire) industrie anderzijds.

Deze verkenning is door de gevestigde industrie minder positief ontvangen. De gevestigde industrie richt zich al jarenlang op energetische verduurzaming onder andere door het ETS en de nationale CO₂-heffing. Een primaire fossiele grondstoffenheffing zou economische impact hebben op de gevestigde industrie, waarbij het aannemelijk is op basis van eerdere studies dat de meerkosten niet doorberekend kunnen worden. Gedeeltelijke weglek of substitutie naar incrementeel andere grondstoffen kan het gevolg zijn van deze meerkosten, maar waarschijnlijk wel met zoveel mogelijk behoud van bestaande installaties en productieprocessen.

De opkomende industrieën daarentegen waren blij verrast met onderhavige verkenning. De partijen die bezig zijn met circulaire technieken en/of andere grondstoffen voor hun

productiemethoden kunnen lastiger concurreren op prijs met bestaande technieken. De lage prijs van fossiele grondstoffen zijn hier mede debet aan.

Systemisch verband tussen maatregelen en effectiviteit

Het verband tussen (beleids-)maatregelen en effectiviteit is géén lineair causaal verband. Het is een systemisch verband, waarbij op meerdere plekken in de keten prikkels voor verduurzaming nodig zijn (denk aan input én output). Voor effectief beleid is dus een set aan maatregelen nodig (zie ook kader).

In deze verkenning is zowel door de gevestigde industrie als door challengers aangegeven dat inzet op samenhangend beleid gewenst is om de transitie naar circulaire productiemethoden en - grondstoffen te stimuleren.

In de kunstmestindustrie is een combinatie van een bijmengverplichting en een primaire fossiele grondstoffenheffing genoemd. In de kunststofindustrie is een minimum aandeel gerecycled content genoemd, waarbij een heffing (bijvoorbeeld) enkel zou optreden wanneer deze minimale percentages niet worden gehaald. In de kunststofindustrie zijn echter ook aanvullende beleidsmaatregelen genoemd zoals een verbod

Samenhangend beleid gewenst

De gesproken bedrijven geven allen aan dat een combinatie van maatregelen wenselijk is om de transitie naar een circulaire economie versnellen. Hierbij zijn de volgende maatregelen genoemd:

1. **Minimale hoeveelheden recycled content/ bijmengplicht.** Hierin werd de parallel getrokken naar de 30% recycled content plicht in de VK voor kunststoffen, maar ook in het geval van kunstmest is een bijmengplicht een mogelijke stimulans voor het gebruik van secundaire stikstofbronnen.
2. **Heffing (bijv. afschaffing vrijstelling niet-energetisch gebruik).** Hierbij zou het tarief ook kunnen variëren wanneer de doelstellingen onder (1) niet gehaald zijn.

In geval van de kunststofindustrie zijn aanvullend nog genoemd:

3. **Verbod op stort en verbranding.** Op dit moment is het verbranden van kunststof nog steeds een veelvoorkomend (en goedkoop) fenomeen wat invloed heeft op het concurrerend vermogen van alternatieven.
4. **Herzien afvalstoffenwetgeving** waardoor producten uit afgedankte kunststoffen ook verwerkt kunnen worden door partijen die geen vergunning hebben voor afvalverwerking.

In geval van het afschaffen van de vrijstelling voor het niet-energetisch gebruik van fossiele grondstoffen geven partijen daarnaast aan dat:

- **Level playing field** nodig is om concurrerend te blijven. Een dergelijke maatregel zou minimaal op Europees niveau gewenst zijn.
- **Perspectief** is daarnaast ook gewenst: wanneer wordt de maatregel beoogd; en kan deze stapsgewijs worden ingevoerd, door bijvoorbeeld de heffing te verhogen?

op stort en verbranding en het herzien van de afvalstoffenwetgeving waardoor ook andere partijen dan afvalverwerkers handelingen kunnen verrichten op kunststof 'afval'stromen.

Een primaire fossiele grondstofheffing kan onderdeel zijn van een set aan samenhangende beleidsmaatregelen. Deze heffing zorgt namelijk

voor een prikkel tot verduurzaming vooraan in de keten.

Europees invoeren beleid

Door zowel de gevestigde als de opkomende industrie is meermaals genoemd dat het invoeren van een dergelijke heffing minimaal op Europees niveau zou moeten plaatsvinden. Er is te veel kans

op weglek wanneer de maatregel alleen nationaal wordt ingevoerd. Deze weglek geldt dus niet alleen voor de gevestigde industrie maar óók voor partijen die actief zijn met meer circulaire productieprocessen die nu al lastig kunnen concurreren vanwege de lage kostprijs van fossiele grondstoffen.

Tijd nodig voor transitie

In deze verkenning is meermaals genoemd dat perspectief gewenst is met betrekking tot het invoeren van een primaire fossiele grondstoffenheffing. Dit perspectief qua tijd is nodig voor gevestigde bedrijven om om te kunnen schakelen naar andere – meer duurzame – productiemethoden.

Ecologische effectiviteit is van belang

In de afweging over een primaire fossiele grondstofheffing is het van belang om niet alleen economische effectiviteit mee te nemen, maar juist ook ecologische effectiviteit.

Uit deze verkenning blijkt dat een feedstockheffing een financiële prikkel kan geven tot substitutie. Echter zijn de door de gevestigde industrie genoemde substituten niet radicaal anders dan traditionele productiewijzen en met name een verlenging van de lineaire economie. Hiermee is het de vraag of deze substitutie echt

Klimaat vs. vestigingsklimaat

Het Vestigingsklimaat wordt vaak als een belangrijke reden aangehaald om bepaalde maatregelen niet door te voeren. Economische belangen lijken voorrang te krijgen boven het beschermen van de leefomgeving van ons en de generaties na ons. Terwijl juist die leefomgeving een voorwaarde is voor de economie zoals wij deze vandaag kennen, zoals ook treffend verwoord is in de SDG Wedding Cake¹. In dit model wordt duidelijk aangegeven dat de biosfeer (onderste laag) de basis vormt voor een duurzame maatschappij (middelste laag) en uiteindelijk een duurzame economie (bovenste laag).



Figuur 10 | SDG Wedding Cake

Door te blijven kiezen voor economie (vestigingsklimaat) boven ecologie (klimaat) creëren we een situatie waarbij we enorme maatschappelijke kosten afwentelen op de generaties na ons.

leidt tot milieuwinst. Zo zien wij in het geval van aardgas dat groene waterstof het alternatief is waarmee alsnog ammoniak wordt geproduceerd – dit leidt dus wel tot energie-efficiëntie maar de kunstmestproducten hebben dezelfde milieupact. In het huidige belastingstelsel zou groene waterstof overigens op dezelfde manier belast worden als aardgas, en er dus geen prikkel zijn voor verdere verduurzaming tenzij ook dit standpunt wordt gewijzigd (zoals in de IBO wordt voorgesteld). In het geval van aardolie zien we dat met name ingezet wordt op pyrolyse olie uit chemische recycling voor gebruik in krakers.

Milieueffecten buiten Nederland spelen ook mee in ecologische effectiviteit

Als we kijken naar de milieueffecten, moeten we breder kijken dan alleen de milieueffecten die ontstaan bij de productieprocessen in Nederland.

Er moet rekening worden gehouden met effecten die buiten de landsgrens plaats vinden. Zo zien we dat eventuele verplaatsing van (delen van) het huidige productieproces naar buiten Nederland voor meer uitstoot kan zorgen, door verminderde efficiëntie van productielocaties in het buitenland en aanvullende emissies vanuit transportbewegingen. Milieueffecten verplaatsen zich, met het risico dat ze groter zijn. Op een nationaal niveau scheelt dit in emissies, maar op

een internationaal niveau heeft dit juist een schadelijk effect.

Tarief op aardgas minder effectief

Het huidige degressieve tarievenstelsel voor aardgas bieden waarschijnlijk een minder grote stimulans voor verduurzaming van grondstofgebruik dan bij aardolie. Op dit moment betalen kleinverbruikers van aardgas voor energetisch gebruik een tarief dat bijna 28 keer zo groot is als het tarief voor grootverbruikers. Het is aannemelijk dat wanneer dit tarievenstelsel wordt overgenomen voor het niet-energetische gebruik, dat het minder effectief zal zijn.

Vervolgonderzoek

Macroeconomische analyse

In deze verkenning is in het EEMRIO model enkel gerekend met een kostprijsverhoging van de chemische sector in Nederland. Het zou daarnaast ook interessant kunnen zijn om andere simulaties te doen, bijvoorbeeld om de effecten te onderzoeken van het doorvoeren van een primaire fossiele grondstoffenheffing op Europees of noordwest Europees niveau.

Economische impact op bedrijven

Om een beter beeld te verkrijgen over de effectiviteit van het instellen van een primaire fossiele grondstofheffing is verdiepend onderzoek

nodig naar economische impact op bedrijven, voor zowel de gevestigde als de nieuwe industrie. Beantwoording van onderstaande vragen geeft een betere duiding over weglekmogelijkheden versus het stimuleren van de transitie naar nieuwe technieken:

- Wat is het effect van een primaire fossiele grondstoffenheffing op de business case bestaande bedrijven?;
- Wat zijn 'tipping points' binnen deze business cases waarbij een alternatief product / productieproces aantrekkelijker wordt? Met andere woorden – hoe hoog moet de heffing zijn om effectief te zijn?;
- Wanneer doen weglekeffecten zich voor? En wat is de omvang van deze weglek effecten?

Hoogte heffing

Een tweede onderwerp voor vervolgonderzoek is rondom de hoogte van de primaire fossiele grondstofheffing. Het is hierbij van belang om naar economische én ecologische effectiviteit te kijken. Interessante onderzoeksvragen zijn daarbij:

- Wat is de hoogte van de heffing in relatie tot de kostprijs van de grondstoffen?
- Welke mate van beprijzing is effectief in het afremmen van niet-energetisch gebruik van fossiele grondstoffen?;
- Welke mate van beprijzing is in verhouding met de milieueffecten die de energiedrager met zich mee brengt?

Combinatie van maatregelen

Tot slot is het belangrijk om te kijken naar hoe het samenhangend beleid nader kan worden vormgegeven. Belangrijke vragen hierbij zijn:

- Waar hangt een primaire fossiele grondstoffenheffing samen met andere fiscale maatregelen (bijv. ETS, nationale CO2-heffing)? En waar leiden deze diverse fiscale prikkels tot een spanningsveld?
- Welke andere beleidsmaatregelen kunnen worden ingezet om het samenhangend beleid verder vorm te geven?

Bijlage 1. Aanpak in detail

In dit hoofdstuk wordt de aanpak van de macro-economische analyse nader toegelicht. Deze aanpak bestaat uit 4 stappen, die in Figuur 11 visueel worden weergegeven.

Stap 1 | Input verzamelen

De macro-economische analyse is uitgevoerd door middel van een Environmentally Extended Multi-Regional Input Output (EEMRIO) model. Dit model is opgebouwd op basis van de monetaire FIGARO database die door Eurostat wordt samengesteld (bron: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/esa-supply-use-input-tables/figaro>)⁴. Deze geaggregeerde database bevat de input-output tables met handelsstromen tussen industriesectoren, de consumptie en de toegevoegde waarde voor de 27 EU-lidstaten plus de 18 belangrijkste handelspartners van de EU en de RoW (Rest of World). In de macro-analyse is de database van het jaar 2020 in industry by industry format toegepast. Deze database is aangevuld met de carbon footprint FIGARO database met CO₂ uitstoot.

Om te komen tot een analyse van de macro-economische impact van het heffen van accijns op niet-energetisch gebruik van fossiele grondstoffen zijn de verhoging in kosten gekwantificeerd. Dit is gedaan op basis van de inzichten uit hoofdstuk 4:

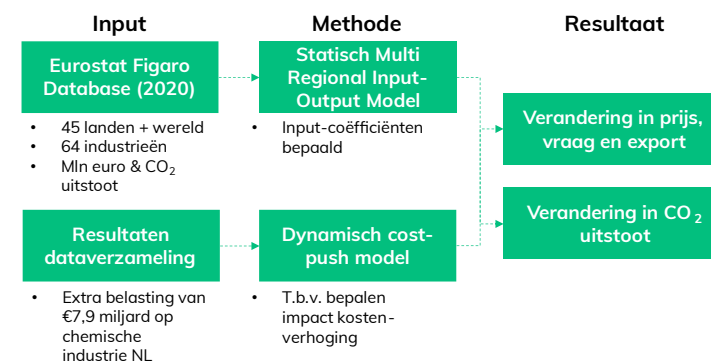
- Aardgas: €0,045 miljard
- Aardolieproducten: €6,64 miljard
- Aardgascondensaat: €1,18 miljard

Hiermee komt de totale kostenverhoging door het heffen van accijns op niet-energetisch gebruik op €7,867 miljard. Voor de chemische sector in Nederland betekent dit een kostprijsverhoging van 23,3 procent.

Stap 2 | Statisch en dynamisch MRIO model opzetten

Voor het opzetten van het statische MRIO model hebben wij de methodiek uit het handboek van de Verenigde Naties^{lxiv} toegepast. Hierbij worden de input-coëfficiënten berekend voor de handelsstromen tussen de industriesectoren van elk land.

⁴ De keuze voor de FIGARO database is gemaakt op basis van gesprekken met het CBS en PBL.



Figuur 11 | Aanpak EEMRIO-model t.b.v. analyse

Om de kostenverhoging te kunnen modelleren hebben wij vervolgens een dynamisch cost-push model opgebouwd, conform de methode zoals toegepast door de DNB^{xxii}. Hiermee modelleren wij het heffen van accijns door het verhogen van de prijs van handelsstromen voor tussentijds gebruik van de productie van de chemische sector in Nederland. Het dynamische model laat zien op welke (inter)nationale industriële sectoren deze kostprijsverhoging impact heeft door te berekenen wat het verwachte verschil in prijs zal zijn.

Stap 3 | Verandering in prijs, vraag en export bepalen

Met de kostprijsverhoging van 23,3 procent en het dynamische MRIO model hebben wij berekend wat de verhoging in prijs van alle sectoren in alle landen zou zijn. Het effect van deze prijsverhogingen op de binnenlandse vraag en export van de betreffende sectoren is bepaald door vermenigvuldiging met de prijselasticiteiten van deze sectoren, zoals ook gehanteerd door DNB^{xxiii}. De top 10 van sectoren waar dit invloed op heeft wordt weergegeven in

Tabel

Stap 4 | Verandering in CO₂ uitstoot bepalen

Op basis van de verminderde vraag en export van de top 10 van sectoren is bepaald wat de vermindering in CO₂ uitstoot zou zijn. Dit hebben wij gedaan door de wijzigingen in binnenlandse vraag en export toe te passen op de daaraan gerelateerde CO₂-uitstoot vanuit de FIGARO database. Dit is weergegeven in

Tabel .

Bijlage 2. Omvang vrijstelling

Aardgas

Omvang niet-energetisch verbruik & vrijstelling

Aan de hand van data rondom het aardgasverbruik naar verbruiksklasse en bedrijfstak vanuit het CBS^{lxv} is de omvang van het niet-energetisch verbruik in Nederland in kaart gebracht. De chemische sector is verantwoordelijk voor het grootste verbruik (3.485.400.000 m³); binnen de chemische sector is de kunstmestindustrie grootverbruiker (2.020.500.000 m³).

Aardgas verbruik per sector	Totaal niet-energetisch verbruik	Totaal energetisch verbruik	Belasting over energetisch verbruik	Omvang vrijstelling
	1000 m ³	1000 m ³	Huidige situatie	Na afschaffing
Chemische industrie	3.485.400	1.960.800	€ 49.444.653,00	€ 45.505.546,00
2015 Kunstmestindustrie	2.020.500	713.100	€ 10.497.411,00	€ 26.226.090,00
2011 Industriële gassenindustrie	951.400	142.900	€ 2.570.514,00	€ 12.613.226,00
2014 Organische basischemie	513.500	709.700	€ 14.139.395,00	€ 6.665.230,00
Aardolie-industrie	0	1.177.200	€ 16.727.402,00	€ 0,00
Rubber- en kunststofproductindustrie	0	110.500	€ 12.120.034,00	€ 0,00
Metaalproductenindustrie	0	290.700	€ 60.935.785,00	€ 0,00

Tarieven

Onderstaande zijn de huidige tarieven op aardgas per m³ (energetisch gebruik) vanuit de Belastingdienst^{xix}. Deze zijn 1-op-1 toegepast in de analyse.

Schijven (in m ³)	Tarief 2022
0 t/m 170.000	€ 0,3632
170.001 t/m 1.000.000	€ 0,0663
1.000.001 t/m 10.000.000	€ 0,0242
10.000.001 of meer	€ 0,0130

Aardolieproducten & aardgascondensaat

Omvang niet-energetisch verbruik & vrijstelling

Aan de hand van data vanuit het CBS is de omvang van het niet-energetisch verbruik van aardolie en aardgascondensaat in Nederland in kaart gebracht. De chemische sector is verantwoordelijk voor het grootste verbruik: van de 423 PJ in heel Nederland wordt 404 PJ door de chemische industrie verbruikt.

Aardolie verbruik per industrie	Totaal niet-energetisch verbruik PJ	Energetisch verbruik PJ
Nederland	423	543,2
Waarvan chemische industrie	404,3	109

Selectie aardolieproducten	Totaal niet-energetisch verbruik (in PJ)	Accijnstarief (equivalent)	Omvang vrijstelling
Aardgascondensaat	60,0	Lichte olie	€ 1.183.109.090,91
LPG	62,9	Vloeibaar gemaakt petroleumgas	€ 395.649.213,87
Nafta	249,5	Lichte olie	€ 6.146.092.272,73
Overige kerosine (petroleum)	1,3	Halfzware olie	€ 21.829.569,15
Gas-, dieselolie en lichte stookolie	0,8	Halfzware olie	€ 12.692.862,69
Terpentine en speciale benzine	2,5	Lichte olie	€ 62.149.082,57
Smeermiddelen	0,1	Geen tarief	-
Minerale wassen	7,5	Geen tarief	-
Petroleumcokes	11,8	Geen tarief	-
Overige aardolieproducten	6,4	Geen tarief	-
Totaal			€ 7.821.522.091,92

Tarieven

Onderstaand zijn de huidige accijnstarieven op aardolie (energetisch gebruik)^{vii}. Deze zijn toegepast in de analyse, zoals aangegeven in bovenstaande tabel (kolom: Accijnstarief (equivalent)). Voor sommigen aardolieproducten in bovenstaande tabel is het niet mogelijk een 1-op-1 toepassing van tarief te gebruiken. Hiervoor zijn in samenspraak met het Ministerie van Financiën en de Belastingdienst aannames gemaakt.

Tarief voor categorie	Tarief	Per eenheid
Gelode lichte olie	€ 975,10	1000L
Ongelode lichte olie	€ 650,71	1000L
Halfzware olie	€ 571,75	1000L
Gasolie	€ 417,46	1000L
Zware stookolie	€ 41,31	1000KG
Vloeibaar gemaakt petroleumgas	€ 284,29	1000KG
Methaan	0	-

Bijlage 3. Aannames

Inschatting milieuschade

Volgens onderzoek van PBL in 2017^{xiii} is de totale milieuschade als gevolg van productie in Nederland €38 miljard. Hoewel de economische cijfers afkomstig zijn uit 2007, wordt voor deze analyse gebruik gemaakt van de milieuprijzen uit het Handboek Milieubeprijzing 2017 van CE Delft^{lxvi}. Wanneer de geactualiseerde milieuprijzen uit de Update Handboek Milieuprijzen 2023^{lxvii} hiernaast worden gezet komen we gemiddeld tot een omrekenfactor van 3,22 (zie onderstaande tabel).

Stofnaam	Formule	2017	2023	Factor
Broeikasgassen (BKG)				
Koolstofdioxide	CO ₂	57	130	2,28
Methaan	CH ₄	1.750	4.700	2,69
Luchtverontreinigende stoffen (LUV)				
Zwavel dioxide	SO _x	24.930	57.500	2,31
Stikstofdioxiden	NO _x	34.660	29.900	0,86
Ammoniak	NH ₃	30.530	49.300	1,61
Fijnere fractie fijnstof	PM _{2,5}	79.530	121.000	1,52
Fijner Fijnstof verkeer	PM _{2,5} verkeer	149.350		
Overige stoffen naar lucht				
Koolstofmonoxide	CO	96	82	
Zware metalen				
Arsenicum	As	1.033.000	10.355.000	10,02
Kwik	Hg	34.841.000	15.325.000	0,44
Lood	Pb	5.908.000	29.078.000	4,92
Stoffen naar water				
Stikstof naar water	N	3.110	4.230	1,36
Fosfaat naar water	P	1.900	3.250	1,71
Landgebruik				
Intensieve gewassen	m ²	0,03	0,146	4,87
Grasland en bosland	m ²	0,02	0,146	7,30
Omrekenfactor				3,22

Door deze omrekenfactor te gebruiken kunnen we de milieuschade actualiseren naar cijfers die gelden voor 2021, waardoor we uitkomen op een totale milieuschade van €122 miljard.

Macroeconomische analyse

Bij het uitvoeren van de economische analyse met behulp van het EEMRIO model zijn de volgende aannames gemaakt:

- De totale input en output van de sectoren blijft gelijk na verandering van prijs en vraag. Dit is een aanname die ten grondslag aan het input-output model ligt;
- De extra belasting is enkel van toepassing op de Nederlandse sector Chemische Industrie;
- De extra belasting wordt volledig doorgerekend en werkt daardoor 1-op-1 kostprijsverhogend;
- Onderstaande gekalibreerde prijselasticiteiten zijn toegepast voor het bepalen van de impact op binnenlandse vraag & export. Deze zijn afkomstig uit het DNB paper^{xxii}:
 - Chemische industrie: -1.2 en -2.04;
 - Rubber en plastic industrie: -0.3 en -1.64;
 - Papier en papierenproducten industrie: -0.5 en -1.64;
 - Wetenschappelijk onderzoek en ontwikkeling: -1.0 en -1.65;
 - Textiel-, kleding- en lederindustrie: -0.5 en -1.64;
 - Meubel- en overige industrie: -0.5 en -1.64;
- Het model modelleert enkel de impact op de binnenlandse vraag & export. Dit betekent dat er géén substitutie-effecten worden meegenomen;
- Een verandering in binnenlandse vraag en export voor een sector heeft een evenredige impact op de CO₂-uitstoot van deze sector;
- Voor het inzichtelijk maken van besparingen in CO₂-uitstoot is uitgegaan van 19 ton jaarlijkse CO₂-uitstoot voor een gemiddeld NL huishouden^{lxviii}

Bijlage 4. Geïnterviewden

In dit onderzoek is diverse literatuur geraadpleegd (zie Bijlage 5). In aanvulling daarop zijn ook gesprekken gevoerd met diverse experts en betrokkenen, deze geïnterviewden worden hieronder vermeld.

Persoon	Organisatie	Perspectief
Herman Vollebergh	PBL	Methodiek
Corjan Brink	PBL	Methodiek
Roel Delahaye	CBS	Data
Redbad Mosterd	CBS	Data
Krista Keller	CBS	Data
Adam Walker	CBS	Data
Annemiek Verrips	CPB	Data
Tim Hijdra	Belastingdienst	Data
John van der Net	Belastingdienst	Data
Martin Oudenaarden	Belastingdienst	Data
Petra Stook van Akkeren	Belastingdienst	Data
Stefan Schüller	Ministerie van Financiën	Scope en context
Gijs van der Heijden	Ministerie van Financiën	Scope en context
Iris Boukris	Ministerie van Financiën	Scope en context
Armin Monostori	European Commission	Scope en context
Femke Groothuis	The Ex'Tax Project	Scope en context
Jan Bessembinders	Vemobin	Aardolie
Marc Zwart	Shell	Aardolie
Moni Wiltenburg	DOW	Aardolie
Michel Barbe	DOW	Aardolie
Alain Ascani	DOW	Aardolie
Ellen Kruijten	DOW	Aardolie
Martijn Broekhof	VNCI	Chemie
Marianna Sarkissova	PACE Ventures	Chemie
Harmen Spek	Plastic Soup Foundation	Kunststoffen

Rob Verhagen	Oerlemans Packaging	Kunststoffen
Jos Keurentjes	Transitieagenda Kunststoffen	Kunststoffen
Kim Meulenbroeks	Renewi	Kunststoffen
Willemijn Peeters	Searious Business	Kunststoffen
Ton van der Giessen	Van Gerwen	Kunststoffen
Reinier Gerrits	Meststoffen Nederland	Kunstmest
Anthony Zanelli	ICL Fertilizers	Kunstmest
Just Hasselaar	OCI	Kunstmest
Gert Jan de Geus	OCI	Kunstmest
Arjan Quaak	YARA	Kunstmest
Carmen Foks	YARA	Kunstmest
Rob de Ruiter	(voormalig) Thermphos	Kunstmest
Martin Wilschut	GMB	Kunstmest

Bijlage 5. Referenties

- ⁱ Rijksoverheid (2019), Klimaatakkoord, <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>
- ⁱⁱ Rijksoverheid (2016), Rijksbreed Programma Circulaire Economie, <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/documenten/rapporten/2016/09/14/bijlage-1-nederland-circulair-in-2050>
- ⁱⁱⁱ Ministerie van Financiën (2020), Fiscale vergroening en grondslagerosie, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/05/18/fiscale-vergroening-en-grondslagerosie>
- ^{iv} Rijksoverheid (2023), Scherpe doelen, scherpe keuzes IBO aanvullend normerend en beprijzend nationaal klimaatbeleid voor 2030 en 2050, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/03/13/bijlage-2-hoofdrapport-ibo-klimaat>
- ^v Rijksoverheid (2023), Nationaal Programma Circulaire Economie, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2023/02/03/nationaal-programma-circulaire-economie-2023-2030>
- ^{vi} Hanemaaijer et al. (2021), Integrale Circulaire Economie Rapportage 2023, <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2023-icer-2023-4882.pdf>
- ^{vii} Wet op de accijns geldend van 13-02-2023, <https://wetten.overheid.nl/BWBR0005251/2023-02-13>
- ^{viii} Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, et.al. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- ^{ix} Ellen MacArthur Foundation (2019). Completing the Picture, how the circular economy tackles climate change, <https://ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture>
- ^x UNFCCC (2022). What is the triple planetary crisis? <https://unfccc.int/blog/what-is-the-triple-planetary-crisis>
- ^{xi} Bocken et al. (2015), Circular Business, collaborate and circulate, www.circularcollaboration.com.
- ^{xii} Ministerie van Financiën (2020), Bouwstenen voor een beter belastingstelsel, Synthesrapport, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/05/18/bouwstenen-voor-een-beter-belastingstelsel-tweede-kamer>
- ^{xiii} PBL (2017). Fiscale vergroening: belastingverschuiving van arbeid naar grondstoffen, materialen en afval, <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2017-fiscale-vergroening-deel4-2853.pdf>
- ^{xiv} CBS Statline (2023), Milieubelastingen en -heffingen; nationale rekeningen, <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/82725NED/table>
- ^{xv} Belastingdienst (2022), Handboek Milieubelastingen 2022, https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/themaoverstijgend/brochures_en_publicaties/handboek_milieubelastingen
- ^{xvi} Europese Commissie (2020), Europese Green Deal -herziening van de energiebelastingrichtlijn, https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12227-Europese-Green-Deal-herziening-van-de-energiebelastingrichtlijn_nl
- ^{xvii} CBS Statline (2022), Energiebalans; aanbod en verbruik, sector, <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83989NED/table?dl=6A169>
- ^{xviii} Interviews met de Belastingdienst, Douane & Ministerie van Financiën op 30-01-2023 en 14-02-2023
- ^{xix} Belastingdienst (2022), Tabellen tarieven milieubelastingen, https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen
- ^{xx} CBS Statline (2022), Kolen- en kolenproductenbalans; aanbod en verbruik, <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84472NED/table>
- ^{xxi} Wet op milieugrondslag geldend van 13-02-2023 (beschikbaar via: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0007168/2023-02-13>)
- ^{xxii} DNB (2018), The economic impact of pricing CO2 emissions: Input-Output analysis of sectoral and regional effects, https://www.dnb.nl/media/nkrgere1/appendix2_tcm46-379581.pdf
- ^{xxiii} Trinomics (2022), Study on the Inclusion of the chemical sector in CBAM, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/11/28/bijlage-cbam-inclusion-chemicals-eindrapport>
- ^{xxiv} Klimaatakkoord, Afspraken van het Klimaatakkoord, <https://www.klimaatakkoord.nl/klimaatakkoord/vraag-en-antwoord/wat-is-het-doel-van-het-klimaatakkoord>
- ^{xxv} Strategy& (2022), Effecten aanscherping fiscaal klimaatbeleid industrie; Speelveldtoets 2022, <https://www.rijksfinancien.nl/sites/default/files/bestanden/belastingplan-2023/08-Speelveldtoets-2022.pdf>
- ^{xxvi} The Fertilizer Institute (2014), Fertilizer Means Food: Improving Human Nutrition, <https://www.tfi.org/the-feed/fertilizer-means-food-improving-human-nutrition>
- ^{xxvii} Smit, Meino (2022), Naar een duurzame landbouw in 2040, Nearchus.
- ^{xxviii} CBS (2023), Emissies broeikasgassen (IPCC), <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84979NED/table>
- ^{xxix} ISPT (2020), Carbon Transition Model, <https://carbontransitionmodel.com>
- ^{xxx} Meststoffen Nederland (2019), Visie Kunstmest 4.0, <https://www.mestverwaarding.nl/storage/article/files/2019/04/5cb5bddb523ae.pdf>
- ^{xxxi} RIVM (2023), Stikstof, <https://www.rivm.nl/stikstof>
- ^{xxxii} CBS (2023), Stikstofoverschot landbouw op zijn laagst sinds 2014, <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2023/04/stikstofoverschot-landbouw-op-zijn-laagst-sinds-2014>
- ^{xxxiii} RVO (2019), Hoeveel stikstof landbouwgrond, <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/gebruiken-en-uitrijden/stikstof-landbouwgrond>
- ^{xxxiv} Transitieagenda Biomassa & Voedsel (2018), Transitieagenda Biomassa & Voedsel, <https://open.overheid.nl/documenten/rnl-c763e08ee5ed9d2b08522cda0a92d67d4875c41d/pdf>

- xxxv Ministerie van LNV (2018), Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden, <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-db1252eb-89e3-452c-9c2d-9fa9398e5dcc/pdf>
- xxxvi Strategy& (2022), Effecten aanscherping fiscaal klimaatbeleid industrie, <https://www.rijksfinancien.nl/sites/default/files/bestanden/belastingplan-2023/08-Speelveldtoets-2022.pdf>
- xxxvii Natuur & Milieu (2020), Waterstof: de waterstofladder, <https://natuurenmilieu.nl/publicatie/waterstof-de-waterstofladder/>
- xxxviii VNCI (2023), (Groene) ammoniak heeft potentie als drager van waterstof, <https://www.vnci.nl/chemie-magazine/actueel/artikel/groene-ammoniak-heeft-potentie-als-drager-van-waterstof>
- xxxix Ghavam, S., Vahdati, M., Wilson, I. A., & Styring, P. (2021). Sustainable ammonia production processes. *Frontiers in Energy Research*, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2021.580808/full>
- xl Belastingdienst (2022), Handboek Milieubelastingen https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/themaoverstijgend/brochures_en_publicaties/handboek_milieubelastingen
- xli EY, NVDE, NWBA (2020), Stimulering van waterstof in de fiscaliteit, <https://www.nwba.nl/wordpress/wp-content/uploads/2020/07/Position-Paper-waterstof-kansen-fiscaliteit.pdf>
- xlii BDH et al., (2023), Staalkaart groene waterstof, <https://staalkaartwaterstof.nl/achtergrond/kosten>
- xliii OCI (2023), Renewable and Low Carbon Ammonia Production, <https://oci-global.com/products-solutions/nitrogen/>
- xliv Hydrogen Council (2021), Hydrogen decarbonization pathways: a life-cycle assessment, <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/01/Hydrogen-Council-Report-Decarbonization-Pathways-Part-1-Lifecycle-Assessment.pdf>
- xlvi GMB (2021), We verwerken ca. 20% van het Nederlandse rwzi-slib; daaruit winnen we bijna 35% van de stikstof terug als meststof, <https://www.gmb.eu/actueel/329/we-verwerken-ca-20-van-het-nederlandse-rwzi-slib--daaruit-winnen-we-bijna-35--van-de-stikstof-terug-als-meststof->
- xlvii VNCI. De beste kraker van Europa, <https://www.vnci.nl/chemie-magazine/actueel/artikel?newsitemid=5265424384>
- xlviii Port of Rotterdam, Buisleidingen, <https://www.portofrotterdam.com/nl/logistiek/verbindingen/intermodaal-transport/buisleidingen>
- xlix Transitieagenda Kunststoffen (2018), Transitieagenda Kunststoffen, <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-11123a488d407d3637b971fd3d09478aec219ca9/pdf>
- l CE Delft (2022), Verplicht aandeel recycalaat of biobased in de Europese Unie, <https://ce.nl/wp-content/uploads/2022/03/CE-Delft-200289-Een-verplicht-aandeel-recycalaat-of-bio-in-plastic-Def-maart.pdf>
- i Plastic Soup Foundation, Feiten en Cijfers <https://www.plasticsoupfoundation.org/plastic-feiten-en-cijfers/>
- ii RIVM, Plastics in onze leefomgeving – moeten we ons zorgen maken?, <https://www.rivm.nl/microplastics/nieuwsbrief-microplastics-december-2020/plastics-in-onze-leefomgeving-moeten-we-ons-zorgen-maken>
- iii Verenigde Naties, Nations sign up to end global scourge of plastic pollution <https://news.un.org/en/story/2022/03/1113142>
- iv TU Delft (2023), e-Refinery: accelerating the electrification of the chemical industry, [e-Refinery: accelerating the electrification of the chemical industry \(tudelft.nl\)](https://www.tudelft.nl/e-refinery/accelerating-the-electrification-of-the-chemical-industry)
- lv Nu.nl (2023), Shell, BP en Dow hebben een veel grotere impact op het klimaat dan concurrenten, <https://www.nu.nl/klimaat/6256552/shell-bp-en-dow-hebben-een-veel-grotere-impact-op-het-klimaat-dan-concurrenten.html>
- lvi Kennisinstituut Duurzaam Verpakken (2018), Chemische recycling van kunststof verpakkingen, https://kidv.nl/media/publicaties/chemische_recycling_van_kunststof_verpakkingen_.pdf
- lvii VNCI. Verhitten zonder zuurstof: de opmars van pyrolyse. <https://www.vnci.nl/chemie-magazine/actueel/artikel?newsitemid=5619384321#:~:text=Pyrolyse%20is%20verhitten%20zonder%20zuurstof,bij%20500%2D800%C2%B0C>
- lviii KIVO. Mechanische recycling. <https://www.kivo.nl/kennisbank/recycling/mechanische-recycling/>
- lix CE Delft (2022), Een nationale belasting op primair fossiel plastic, <https://ce.nl/wp-content/uploads/2022/09/CE-Delft-220281-Een-nationale-belasting-op-primair-fossiel-plastic.pdf>
- lx Transitieteam Kunststoffen (2021), Actieplan toepassen kunststof recycalaat, <https://www.afvalcirculair.nl/nieuws/afvalnieuws/2021/recycalaat-woorden-daden/>
- lxi UK Government (2021), Check which packaging is subject to Plastic Packaging Tax, <https://www.gov.uk/guidance/work-out-which-packaging-is-subject-to-plastic-packaging-tax>
- lxii Center for International Environmental Law CIEL (2019), Plastic & Climate – the hidden cost of a plastic planet, <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/05/Plastic-and-Climate-FINAL-2019.pdf>
- lxiii Rahman, H. en Bhoi, P. (2021), An overview of non-biodegradable bioplastics, *Journal of Cleaner Production* Vol. 294., <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621004388>
- lxiv WWF (2019), Plastics, the costs to society, the environment and the economy, https://www.fint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_pctsee_report_english.pdf
- lxv Verenigde Naties (2018), Handbook on Supply and Use Tables and Input-Output Tables with Extensions and Applications, https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/SUT_IOT_HB_Final_Cover.pdf
- lxvi CBS (2019), Aardgasverbruik naar verbruiksklasse en bedrijfstas, <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2021/21/energieverbruik-naar-verbruiksklasse-2019>
- lxvii CE Delft (2017), Handboek Milieuprijzen 2017, <https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE-Delft-7A76-Handboek-Milieuprijzen-2017-DEF.pdf>
- lxviii CE Delft (2023) Update Handboek Milieuprijzen 2023, Methodische onderbouwing van kengetallen gebruikt voor waardering van emissies en milieuprijzen, <https://ce.nl/publicaties/handboek-milieuprijzen-2023/>
- lxviii Milieucentraal, Wat is je CO2-voetafdruk?, <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/klimaatverandering/wat-is-je-co2-voetafdruk/>