

Technische appendix

Analyse Nederlandse sectoren

Voor de analyse van Nederlandse sectoren koppelen we sectorale cijfers over toegevoegde waarde aan sectorale emissiecijfers. Deze cijfers zijn los van elkaar beschikbaar voor de periode 1995–2022 via het CBS. Voor de data over de toegevoegde waarde gebruiken we de bruto toegevoegde waarde basisprijzen in termen van 2015 euro's. Dit omvat de verkoopprijs exclusief de handels- en vervoersmarge en exclusief de afgedragen productgebonden belastingen en de ontvangen productgebonden subsidies. Het intermediair verbruik is gewaardeerd tegen de aankoopwaarde exclusief aftrekbare btw.

De twee databronnen splitsen sectoren verschillend uit. De data voor toegevoegde waarde is gesplitst in sectoren aan de hand van de Standaard Bedrijfsindeling (SBI) 2008, terwijl de emissiedata is gesplitst in sectoren aan de hand van de klimaatsectoren uit het Nederlands Klimaatakkoord. Wij voegen deze bronnen samen, waarbij we de bedrijfstakken uit SBI 2008 op het eerste niveau volgen. Uitzonderingen hierop zijn het weg-, lucht- en waterverkeer, die we afzonderlijk analyseren.

Bij de koppeling van data hebben we keuzes moeten maken omdat de sectoren voor toegevoegde waarde en sectoren voor emissies bij het CBS niet identiek zijn. We koppelen de emissies door landgebruik aan de sector landbouw, visserij en bosbouw, en de emissies door defensieactiviteiten aan de dienstverlening. Emissies door mobiele werktuigen met een verbrandingsmotor koppelen we aan de desbetreffende sector (mobiele werktuigen in de landbouw aan landbouw, in de industrie aan de industrie, etc.). Emissies door mobiele werktuigen die door het CBS onder de categorie overige sectoren vallen voegen we toe aan de sector huishoudens. Deze sector omvat de niet-gedifferentieerde productie van goederen en diensten door huishoudens voor eigen gebruik. Op deze manier hebben we alle beschikbare emissiecijfers gekoppeld aan een van de sectoren.

Voor de toegevoegde waarde nemen we de delfstofwinning (behalve olie en gas), de dienstverlening voor delfstofwinning en de reparatie en installatie van machines niet mee, omdat hier geen koppeling te maken is met emissiecijfers. In totaal hebben we zo 96,9 procent van de totale Nederlandse toegevoegde waarde meegenomen in onze analyse.

Voor het watervervoer en luchtvervoer nemen we ook bunkerbrandstoffen mee. Het meewegen van bunkerbrandstoffen voor internationale luchtvaart en scheepvaart valt niet onder richtlijnen van het IPCC. Deze emissies tellen namelijk niet mee voor de broeikasgasuitstoot die Nederland aan het IPCC verstrekt. Maar ook deze emissies moeten uiteindelijk gereduceerd worden. Wij kennen de emissies van bunkerbrandstoffen daarom wel toe aan de luchtvaart en scheepvaart.

Op basis van deze cijfers berekenen we per sector de emissie-intensiteit in kg CO₂-equivalent per euro toegevoegde waarde voor het jaar 2022. Daarnaast berekenen we over de periode 2005 tot 2022 het groeipercentage, waarbij we 2020 en 2021 vanwege covid-19 niet meenemen. Wij gebruiken 2005 als startjaar omdat dit het startjaar is van het Europese emissiehandelssysteem.

Een vergelijkbare analyse naar emissie-intensiteit en groeicijfers is eerder uitgevoerd door het CBS (2023). Wij voegen aan deze analyse ook de grootte van sectoren toe.

NGFS voorspelling

NGFS combineert diverse modellen en inschattingen uit de literatuur om te komen tot een projectie van de gevolgen van klimaatverandering op economische groei, inclusief klimaatbeleid. Ten eerste wordt het effect van structurele fysieke impact via temperatuursverandering op productiviteit geschat op eenzelfde manier als Kotz et al. (2024), waar klimaatverandering leidt tot lagere groeicijfers gedurende de transitie. Ten tweede worden de effecten van acute fysieke impact, welke geen onderdeel zijn van de schattingen in Kotz et al. (2024), apart gemodelleerd via het CLIMADA model (Aznar-Siguan en Bresch, 2019). Met dit model worden voor verschillende scenario's natuurrampen gesimuleerd, waar vervolgens de economische impact van wordt berekend. Ten derde worden de effecten van beleid op de energiemix geanalyseerd op basis van Integrated Assessment Modellen. De resulterende energiemix wordt vervolgens geanalyseerd in een macro-economisch model (NiGEM). Alle drie de negatieve effecten op economische groei worden waargenomen tijdens de klimaattransitie, maar hebben geen effect op de langetermijngroei.

De NGFS-schattingen kunnen worden gebruikt om de groeiverwachting aan te passen voor klimaateffecten. De NGFS (Fase V) stelt op landniveau een volledige set schattingen van BBP-impacts beschikbaar op jaarbasis. Deze schattingen zijn beschikbaar onder een reeks beleidsscenario's, waardoor het mogelijk is om een geschikte match te vinden voor de momenteel vastgestelde beleidsmaatregelen.

We gebruiken groeiprognoses uit het NGFS-scenario 'Disorderly Transition', op basis van het Remind Integrated Assessment Model, om de verwachte impact van vastgestelde EU-beleidsmaatregelen te vertegenwoordigen. In dit scenario bereikt de EU bijna netto nul uitstoot in 2050, maar niet volledig. Dit gebeurt door rond het jaar 2030 de koolstofprijzen sterk te verhogen. Ons gekozen scenario is in lijn met de momenteel vastgestelde beleidsmaatregelen. ETS2 zal in 2027 in werking treden en zich in de loop van de tijd ontwikkelen tot een volwaardig cap-and-trade-systeem. De resulterende beleidsmix zet de EU bijna op koers naar netto nul uitstoot, maar niet volledig. Het verschil wordt veroorzaakt door de uitstoot uit de landbouw, die niet onder de prijsstelling valt, evenals enkele ongedekte emissies in andere sectoren. We gebruiken de NGFS uitkomsten voor het Disorderly Transition scenario inclusief 'business confidence shock'. Dit is de schok in het bedrijfsleven die het drastische beleid in 2031 en 2032 veroorzaakt. Het niet meenemen van deze schok verlaagt het effect op economische groei in 2100 met 0,1 procent.

We gaan ervan uit dat de rest van de wereld hetzelfde transitie scenario volgt; dit is inherent aan de NGFS-scenario's. Voor het 'Delayed Transition'-scenario betekent dit dat de schade enigszins beperkt blijft, omdat wordt aangenomen dat de rest van de wereld tegen het einde van het decennium begint met het maken van beleid dat de uitstoot bijna (zo niet volledig) terugbrengt naar netto nul in 2050.

Het vertalen van NGFS-scenario's naar groeivoorspellingen vereist enkele datakeuzes. We combineren de geschatte procentuele impact op het BBP van de transitie en structurele fysieke impact (dit is één gecombineerde waarde in de output van het door NGFS gebruikte model, die ook de interacties tussen beide vastlegt) met de acute fysieke impact die beschikbaar is via uitkomsten van Climate Analytics die NGFS aanbiedt (interacties tussen transitie-effecten en/of structurele fysieke impact die ook acute schade omvatten zijn niet

beschikbaar). De gecombineerde structurele fysieke impact en transitie-effecten worden gerapporteerd als een percentageverschil ten opzichte van een basisscenario zonder deze effecten (de vergelijking is in euro's van 2015). Onderweg zijn enkele aanpassingen aan de structurele en acute fysieke impact nodig.

De NGFS rapporteert acute fysieke impact als een percentageverschil ten opzichte van een basisscenario zonder deze impacts (de vergelijking is in euro's van 2015). In tegenstelling tot de projecties van structurele fysieke impact en transitie-effecten, omvatten de acute fysieke impact van NGFS ook schade die nu al deel uitmaakt van het BBP. Om consistentie te bereiken in het scenario met en zonder klimaat nemen we de acute schade voor 2023 als onze basislijn en nemen we afwijkingen van dat jaar als onze reeks voor acute schade.

Het vertalen van de reeks stochastische uitkomsten van de NGFS-modellering van schade naar een groeicijfer vereist enkele keuzes. In principe willen we de verwachte waarden voor klimaat effecten op het BBP gebruiken. Helaas worden verwachte waarden doorgaans niet gerapporteerd in de klimaatmodellen van de NGFS. In plaats daarvan toont de NGFS percentiele impacts en (in sommige gevallen) een voorkeurspercentiel om de totale impact weer te geven.

Voor acute fysieke impact rapporteert de NGFS percentielen van 60 tot 99. De NGFS-presentaties gebruiken vervolgens het 90e percentiel om deze schattingen te combineren met chronische fysieke impact en de impact van transitiebeleid. De presentaties laten ook zien dat het 90e percentiel een redelijk middelpunt vertegenwoordigt tussen het 60e en 99e percentiel. De verdeling is dus sterk scheef. Omdat de impacts snel kleiner worden richting het 60e percentiel, gaan we ervan uit dat er weinig of geen impact is in de onderste helft van de kansverdeling. We halveren vervolgens de impacts bij het 90e percentiel om een benadering te krijgen van de verwachte waarde.

Voor structurele fysieke impact gebruikt de NGFS het 95e percentiel van de impactverdeling, zoals aangegeven door de schadefunctie, en rapporteert alleen die uitkomsten. We gaan ervan uit dat er vergelijkbare verdelingskenmerken spelen als in het acute geval en halveren de impact van structurele schade.

In de laatste versie van de resultaten (Fase V), is de schadefunctie waarmee de structurele fysieke impact wordt geschat verbreed, waardoor deze deels ook schade bevat die eigenlijk bij de post 'acute fysieke impact' hoort. Hoe groot de dubbeling is, is niet bekend. Wij tellen de posten toch bij elkaar op, wat in dat opzicht een conservatieve schatting (overschatting) van de impact oplevert.

Literatuurlijst

Aznar-Siguan, G., en D. N. Bresch (2019) CLIMADA v1: A global weather and climate risk assessment platform. *Geoscientific Model Development*, 12(7), 3085–3097.

CBS (2023) *Hoe verhoudt de uitstoot zich tot de economische groei?* Centraal Bureau voor de Statistiek.

Kotz, M., A. Levermann, A. en L. Wenz (2024) The economic commitment of climate change. *Nature* 628, 551–557.