

Klimaattransitie lijkt economische groei maar beperkt te remmen

In het kort

- Er is weinig bekend over de gevolgen van klimaatverandering en de klimaattransitie voor economische groei.
- De beschikbare literatuur suggereert dat de klimaattransitie maar beperkt groei kost.
- De geschatte impact van klimaatschade is groter, maar kan door klimaatbeleid worden beperkt.

Nils van der Vegte
Vinzenz Ziesemer
Bjorn Roozenbeek

Instituut
voor

Publieke
Economie

19 juni 2025

Het Instituut voor Publieke Economie (IPE) is een onafhankelijke denktank. Wij publiceren onderzoek en analyses over economisch beleid. Zo maken we complexe onderwerpen toegankelijk, brengen we nieuwe ideeën onder de aandacht en mengen we ons in het debat. We werken daarbij samen met academische, journalistieke, ambtelijke en politieke instellingen.

Nederland heeft behoefte aan onafhankelijke economische analyse. Op tal van onderwerpen zien we beleid dat stuurloos lijkt. Denk aan ons begrotingsbeleid, dat binnen enkele jaren sterk is verkapt en vervolgens weer verruimd. Of ons belastingstelsel, dat elk jaar minder samenhang lijkt te kennen. Ten slotte vraagt de economie van de toekomst om denkkracht, bijvoorbeeld als het gaat om industriepolitiek of digitalisering.

Wij maken complexe onderwerpen toegankelijk en transparant. Zo zetten we ondergevalueerde onderwerpen op de agenda. Informatie blijft nu vaak besloten binnen ministeries en overheidsinstanties. Wij vinden dat richtinggevende keuzes een open debat verdienen, omdat beter begrip leidt tot betere politiek.

Wij werken nieuwe ideeën uit. Die ruimte hebben we, omdat we niet gebonden zijn aan Haagse besluitvorming. Omdat we onafhankelijk zijn van politiek of ambtenarij, kunnen we ons eigen oordeel vormen. Daarbij richten we ons op de lange termijn, die te vaak ondergaat in het hier en nu.

Wij komen op voor het publieke belang. Beleid wordt beïnvloed door deelbelangen. Dat is niet gek: als er veel op het spel staat voor enkelen, verheffen zij hun stem via belangengroepen en lobbyisten. Dat kan ten koste gaan van anderen. Daarom melden wij ons, als het publieke belang erom vraagt.

Zo versterken wij onze democratie.

Inleiding

De noodzaak om de economie klimaatneutraal te maken leek lange tijd breed geaccepteerd. Maar recent komt er zowel van de linker- als van de rechterflank van het politieke spectrum kritiek op de gekozen koers. Beide kampen betwijfelen dat een klimaattransitie samen kan gaan met economische groei. Vervolgens trekken ze daar verschillende conclusies uit: aan de linkerflank dat we moeten stoppen met economische groei (ontgroeien), aan de rechterkant dat we moeten stoppen met klimaatbeleid. Het draagvlak voor de klimaattransitie neemt daardoor af.

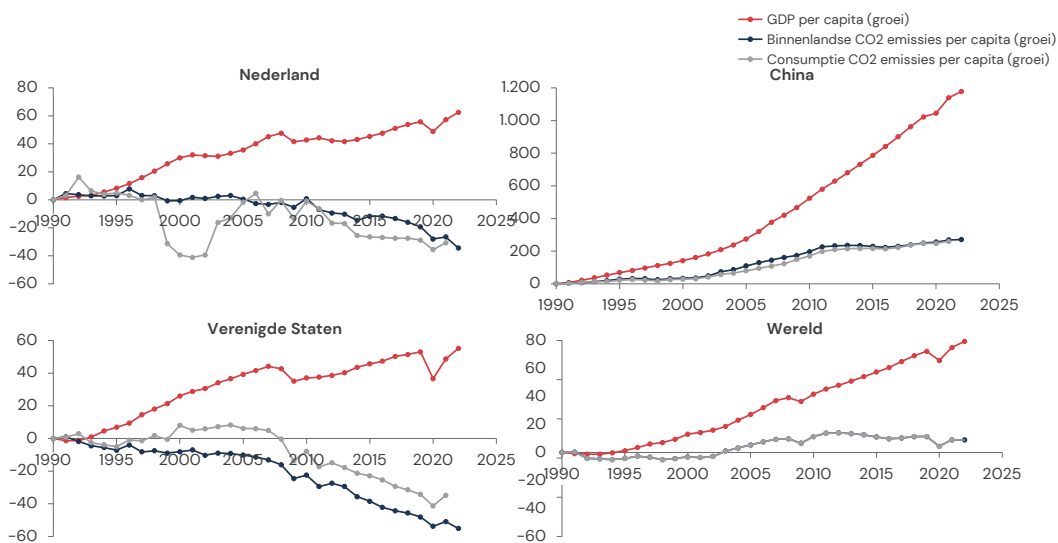
Voor het democratische debat is dus een belangrijke vraag: klopt de aanname dat klimaatbeleid niet samengaat met economische groei? In dit artikel analyseren wij op basis van de literatuur het effect van de klimaattransitie op de verwachte groei. Kunnen groei en vergroening wel samengaan? En zo ja, hoeveel groei kost de klimaattransitie? Blijft de groei daarna permanent lager? En hoe groot zijn deze effecten dan voor Nederland?

1 Groei en vergroening kunnen samengaan

Voor we ons richten op de effecten van klimaatbeleid op groei, beginnen we met een fundamentele vraag. Kunnen vergroening en groei überhaupt samengaan? Of is een transitie naar een economie zonder uitstoot alleen mogelijk als onze economie krimpt?

Wereldwijd vindt een ontkoppeling van economische groei en uitstoot plaats. Figuur 1 toont dat zowel Nederland, als andere landen, emissies reduceren (emissies verbonden aan productie, per hoofd van de bevolking), terwijl dit gepaard gaat met economische groei (per hoofd van de bevolking). Ook in China, waar de emissies lange tijd meestegen met een snelle economische ontwikkeling, stagneren de emissies verbonden aan productie inmiddels. De totale wereldwijde emissies stijgen nog wel door bevolkingsgroei, dus klimaatverandering blijft een urgent probleem.

Figuur 1: Internationale economische groei en emissie-ontwikkeling over tijd.

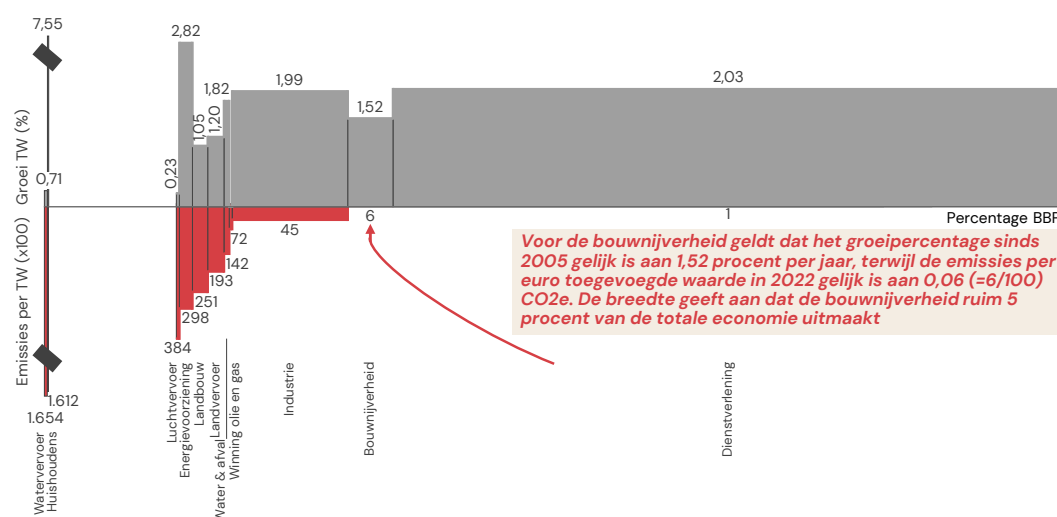


Bron: Our World in Data (2023)

Een veelgehoorde zorg over de klimaattransitie is dat de consumptie van Nederland mogelijk niet verduurzaamt, zelfs als de Nederlandse productie dat wel doet. Dit kan het resultaat zijn van de import van producten uit andere landen waar niet verduurzaamd wordt. Maar in de data zien we deze trend niet. Ook de Nederlandse economie vergroent, zowel de productie als de consumptie. Voor Nederland is de daling van op consumptie gebaseerde emissies sinds 1990 per inwoner procentueel vergelijkbaar met de op productie gebaseerde emissies.

Veel van onze economische groei gaat niet of nauwelijks met uitstoot gepaard. De meeste economische groei in Nederland komt namelijk uit sectoren die nauwelijks klimaatgassen uitstoten. Figuur 2 toont de emissies en groei van Nederlandse sectoren. In het rood staan per sector de emissies per euro toegevoegde waarde in 2022. We zien dat voor de landbouw de emissie-intensiteit per euro toegevoegde waarde meer dan een factor 250 hoger dan de dienstverlening, waar de emissie-intensiteit het laagst ligt. De dienstverlening, goed voor 76 procent van de economie, stoot minder dan 0,01 kg CO₂ per euro toegevoegde waarde uit. In het grijs wordt het groeipercentage tussen 2005 en 2022, weergegeven; de covid-jaren 2020 en 2021 zijn eruit gelaten. De breedte van de balken toont de economische grootte van de sector in Nederland in 2022. De oppervlakte van de rode balken geeft dus de totale emissies weer. Om figuur 2 te produceren hebben we sectorale data van het CBS over toegevoegde waarde gekoppeld aan emissiedata van het CBS. Hoe we dat hebben gedaan beschrijven we in de technische appendix.

Figuur 2: Sectorale economische groei en emissie-intensiteit.



Toelichting: Het groeicijfer van de sector 'Winning olie en gas' is niet meegenomen in deze figuur. Dit groeicijfer is gelijk aan -22,05%. Bron: Eigen berekeningen op basis van CBS data.

Op termijn is te verwachten dat schone sectoren een steeds groter aandeel van de groei voor hun rekening nemen. De sectorsamenstelling van de economie verandert naarmate landen zich economisch ontwikkelen (Herrendorf, Rogerson en Valentinyi, 2013). Tijdens die ontwikkeling neemt het relatieve aandeel van eerst de industrie en dan de dienstensector toe en dat van de landbouw af. In ontwikkelde economieën krimpt vervolgens ook het relatieve aandeel van de industrie. De groei komt dan vooral uit de relatief schone dienstensector, zoals we ook in Figuur 2 zien.

Ook in de vervuilende sectoren gaat economische groei samen met een sterke afname van emissies. Tussen 2005 en 2022 is de emissie-intensiteit van verschillende sectoren per euro toegevoegde waarde sterk afgenomen, zoals in de industrie (43 procent), landbouw (24 procent) en dienstverlening (54 procent). In de tussentijd zijn deze sectoren ook gegroeid. Economische groei lijkt dus samen te kunnen gaan met een afname van emissies. Als we zowel de trends in de sectorsamenstelling van de economie als de afname van emissie-intensiteit binnen sectoren lineair voortzetten over tijd, dan zal 1 procent huidige economische groei samengaan met een 4 procent daling van de totale emissies.

Op termijn is te verwachten dat schone sectoren een steeds groter aandeel van de groei voor hun rekening nemen

2 Klimaatbeleid remt groei op korte termijn

Vergroening en groei gaan tot nu toe dus samen. Toch geeft dat nog geen antwoord op de vraag wat er gebeurt als de uitstoot helemaal naar nul gaat. Blijft er dan nog economische groei over? En als onze economie eenmaal uitstootvrij is, zal deze dan nog net zo hard groeien als vroeger?

Bestaande literatuur suggereert een lagere groei in de EU van zo'n 2 procentpunt door klimaatbeleid, cumulatief over de transitie. Daarbij wordt uitgegaan van beleid dat de klimaatdoelen haalt en dat voornamelijk via beprijzen bewerkstelligt. Schattingen voor de meest relevante scenario's tonen verliezen van BBP-groei van ongeveer 1 procentpunt tot 2 procentpunt tegen het midden van de jaren 2030. Deze schattingen zijn afhankelijk van modelaannames, van de beleidsmix, kunnen sterk variëren per land en zijn over het algemeen groter wanneer de transitie over een kortere periode wordt afgedwongen. We bespreken hieronder hoe de literatuur tot zulke inschattingen komt, bespreken belangrijke recente bijdragen, en gaan ten slotte in op de vraag wat er over de effecten op de economische groei op lange termijn (nadat de transitie voltooid is) gezegd kan worden.

Het inschatten van het effect van beleidsmaatregelen op het bbp is veeleisend. Klimaatbeleid kan tot hogere kosten leiden voor producenten in de vervuilende sectoren van de economie. Dit kan op zijn beurt de vraag (en mogelijk de export) verminderen. Echter, een aantal aanpassingsmechanismen zal de impact op het BBP dempen. Producenten kunnen de energiemix in hun productie veranderen, hun productiemethoden innoveren of uiteindelijk vervuiling compenseren met CO₂-opslag. Arbeid en kapitaal kunnen zich verplaatsen naar niet-vervuilende sectoren. Consumenten kunnen kiezen voor binnenlands geproduceerde in plaats van geïmporteerde goederen, of hun consumptiemix aanpassen naar meer niet-vervuilende goederen (waardoor de vraag in die sectoren toeneemt). De verschuiving van arbeid en kapitaal van de ene sector naar de andere kan op korte termijn leiden tot fricties en een daling van het BBP (vergelijkbaar met economische neergangen), maar kan ook leiden tot verhoogde investeringen. Onderweg kunnen lonen en rentetarieven reageren op veranderingen in vraag en aanbod, wat algemene evenwichtseffecten toevoegt aan het beeld.

Het gebruik van Integrated Assessment Models (IAMs) is de beste manier om deze inschatting te maken. Literatuur die het effect van eerder klimaatbeleid op groei onderzoekt (zie bijvoorbeeld Trinks en Hille, 2023), is waarschijnlijk niet informatief voor de toekomst, omdat ingrepen van de omvang die nodig zijn om klimaatdoelen te bereiken in het verleden niet zijn waargenomen. In plaats daarvan is een model nodig om te begrijpen welke beleidsmaatregelen voldoende zouden zijn om klimaatdoelen te halen en wat de impact van deze maatregelen op het BBP zou zijn. Hiervoor zijn IAMs bedoeld. In de loop van de tijd zijn IAMs uitgebreid en gekalibreerd voor steeds meer van de

bovenstaande aanpassingsmechanismen, vaak via grote samenwerkingsprojecten. De relevante literatuur is te uitgebreid om hier een volledige literatuurreview te geven. In plaats daarvan lichten we enkele studies uit die bijzonder relevant zijn voor de EU-beleidscontext. We zijn vooral geïnteresseerd in modelstudies die i) een transitie naar netto nul emissies in 2050 onderzoeken en ii) beprijzen als het primaire beleidsinstrument hanteren, aangezien dit de belangrijkste componenten van het beleid in de EU lijken te worden (namelijk ETS1 en ETS2).

Varga, Roeger en In 't Veld (2022) breiden QUEST, het macro-economische model dat door de Europese Commissie wordt gebruikt, uit om CO2-beprijzing te onderzoeken. Het resulterende model, E-QUEST, bevat alle hierboven genoemde aanpassingsmechanismen en is gekalibreerd om de EU weer te geven. Het model wordt gebruikt om de macro-economische implicaties van het bereiken van netto nul in 2050 met koolstofprijzen te verkennen, volgens een exogeen emissiereductiepad. De auteurs vergelijken verschillende manieren om de belastinginkomsten uit koolstofheffingen te herinvesteren. De BBP-groei komt 0,5 procentpunt tot 1 procentpunt lager uit tegen het einde van een aanpassingsperiode van 30 jaar. Om deze transitie te realiseren zijn na 10 jaar gematigde koolstofbelastingen nodig (ongeveer \$100 USD per ton CO₂), maar na 30 jaar moeten deze stijgen tot ongeveer \$600 per ton CO₂.

Het Network for Greening the Financial System (NGFS), een samenwerkingsverband van centrale banken en toezichthouders waaronder de Europese Centrale Bank, levert schattingen van BBP-verliezen als gevolg van beleid voor verschillende emissiereductiescenario's. NGFS (2023) combineert een macro-econometrisch model (NiGEM) met drie verschillende IAMs. Deze IAMs worden ook gebruikt in IPCC-rapporten. Van de drie IAMs die worden gebruikt (GCAM, MESSAGE, REMIND), biedt het REMIND-model de meest uitgebreide modellering van aanpassingsmechanismen en is het meest vergelijkbaar met andere studies in deze sectie. NGFS vergelijkt verschillende reductiescenario's. Kortere transities leiden tot grotere BBP-verliezen dan meer geordende transities (zoals die zijn bestudeerd met E-QUEST). Afhankelijk van het exacte scenario kan het verlies van BBP-groei in Europa als gevolg van beleid oplopen tot 1,5 procentpunt. Deze verliezen kunnen nog groter zijn in de overgangperiode wanneer beleid sneller wordt ingefaseerd.

Kortere transities leiden tot grotere BBP-verliezen dan meer geordende transities

Château, Miho en Borowiecki (2023) schatten dat het 'Fit for 55'-pakket van de EU tegen 2035 een verlies van BBP-groei van iets meer dan 2 procentpunt zal veroorzaken, op basis van het ENV-Linkages-model van de OESO. Naast Fit for 55-componenten zoals ETS2, proberen de auteurs ook bestaande EU-beleidsmaatregelen, het *Carbon Border Adjustment Mechanism*, en nationale beleidsmaatregelen van lidstaten zoals beschreven in de Nationale Energie- en Klimaatplannen te modelleren. Het verlies van BBP-groei versnelt na 2030, oplopend van 1 procentpunt tot meer dan 2 procentpunt. De impact verschilt per land en is groter voor landen met een grote industrie-sector. De auteurs gaan ervan uit dat de inkomsten uit koolstofheffingen worden geïnvesteerd in de energietransitie, wat verder gaat dan het huidige beleid. Zonder dergelijke groeibevorderende maatregelen zou de negatieve impact van klimaatbeleid op het BBP naar verwachting groter zijn. Modelleren in andere contexten toont vergelijkbare BBP-verliezen (zie bijvoorbeeld Hinterlang et al., 2023; en International Monetary Fund, 2023, hoofdstuk 1 en online appendices).

Vergroening hoeft niet te leiden tot permanent lagere groei. De gangbare theorie van economische groei (zie bijvoorbeeld Romer, 1990) is dat de langetermijngroei een resultaat is van interne factoren binnen de economie, zoals kennisontwikkeling en technologische vooruitgang. Externe factoren zoals klimaatomstandigheden en de specifieke natuurlijke hulpbronnen die gebruikt worden komen eigenlijk niet voor in theorieën over langetermijngroei. Belangrijkste reden om wel een lange termijn impact op groei te verwachten is dat bepaalde technologische ontwikkelingen in wezen worden uitgesloten, omdat ze vervuilend zijn. Dit effect hoeft echter niet significant te zijn, als deze ontwikkelingen niet de meest interessante mogelijkheden tot innovatie zijn of het verschil met alternatieven klein is. Gangbare aanname in de literatuur lijkt te zijn dat de groei op lange termijn herstelt, maar dit is uiteraard een bron van onzekerheid.

Vergroening hoeft niet te leiden tot permanent lagere groei

3 Kwantitatieve impact op groei in Nederland lijkt beperkt, maar is onzeker

De literatuur die zich op de EU richt, voorspelt dus een beperkte impact van beleid op economische groei. Maar geldt dit ook voor Nederland? En hoeveel groei houden we dan onder de streep over, als we naast de impact van beleid ook de schade die klimaatverandering veroorzaakt meenemen?

Kijken we specifiek naar de Nederlandse economie, dan is deze in 2050 naar verwachting kleiner door klimaatverandering en -transitie. Om te zien of de economische groei de komende jaren lager uitkomt door klimaatverandering, moeten we ook de directe schade van de klimaatverandering optellen bij de hierboven genoemde impact van beleid. Immers, ook als we de klimaatdoelen halen zal er klimaatverandering plaatsvinden. Hoeveel dat is, hangt niet alleen van beleid in Nederland en in de EU af, maar ook van de rest van de wereld. Wereldwijd is er sprake van een afruil: klimaatverandering voorkomen kost groei, maar klimaatverandering veroorzaakt klimaatschade die ook groei kost. Het is nog onduidelijk hoe deze afruil precies wordt gemaakt. Daarom wordt er in de literatuur veelal gewerkt met scenario-analyses. Eigenlijk is er maar één bron die een volledig kwantitatief beeld biedt voor Nederland, namelijk de resultaten van het *Network for Greening the Financial System* (NGFS, 2024).

Klimaatverandering raakt de economische groei ook direct, via klimaatschade. Dit wordt ook wel 'fysieke impact' genoemd. Structurele fysieke impact omvat de gevolgen van structureel hogere temperaturen, zeespiegelstijging en verandering in neerslag. Omdat het klimaat structureel verandert, kan arbeid, land en kapitaal minder productief worden en moeten bedrijven, huishoudens en overheid zich aanpassen en investeren. Acute fysieke impact kan optreden door extreme weersomstandigheden, zoals droogte, hittegolven en overstromingen. Ook zulke natuurrampen kunnen via de arbeidsproductiviteit, de landbouw en het kapitaal van bedrijven invloed hebben op economische groei.

Empirische studies suggereren dat de gevolgen van klimaatschade op groei tijdelijk zijn. Studies als Kalkuhl en Wenz (2020) vinden wel een effect van klimaatverandering op de grootte van de economie in de vorm van productieniveau, maar geen significant effect van klimaatverandering op de lange-termijn economische groei. Newell et al. (2021) laten zien dat studies die wel effecten van klimaatverandering op economische groei meten niet erg betrouwbaar zijn: het 95 procent betrouwbaarheidsinterval van het effect van een 4,3 graden stijging in 2100 op de gecumuleerde BBP-groei van 2010 tot 2100 varieert van -84 tot +359 procent. Belangrijke nuance is dat de onzekerheid over de langetermijneffecten in deze analyses, die gebaseerd zijn op historische data, zodanig groot is dat een (negatief) effect op groei niet uit te sluiten is (Tol, 2024).

De inschattingen van het Network for Greening the Financial System (NGFS) lijken de beste bron te zijn voor een totaalbeeld. Het NGFS is een samenwerkingsverband van alle grote centrale banken (hoewel de Amerikaanse Federal Reserve het netwerk heeft verlaten na de recente verkiezing van Donald Trump tot President van de VS). Het NGFS neemt het voortouw bij inspanningen om schattingen van klimaatschade te leveren die gebruikt kunnen worden in beleidsprocessen. Als onderdeel van haar bankentoezicht voerde bijvoorbeeld de Europese Centrale Bank (ECB) in 2022 een verkennende klimaatstresstest uit, waarbij scenario's werden gebruikt die gebaseerd zijn op NGFS-modeluitkomsten (Europese Centrale Bank, 2022). Vervolgens gebruikte de ECB de NGFS-scenario's om de balans van het Eurosysteem aan een stresstest te onderwerpen (Europese Centrale Bank, 2023).

De NGFS-scenario's houden rekening met verschillende soorten BBP-verliezen, op een manier die zowel intern consistent is als aansluit bij de literatuur. Ten eerste worden 'chronische' fysieke effecten op de productiviteit als gevolg van temperatuurveranderingen geschat volgens een specificatie van Kotz et al. (2024), waarin klimaatverandering leidt tot lagere groeicijfers tijdens de transitie. Ten tweede worden 'acute' fysieke effecten, zoals droogtes en hittegolven, afzonderlijk beschouwd op basis van uitkomsten van het CLIMADA-model (Aznar-Siguan en Bresch, 2019). Ten derde wordt de impact van transitiebeleid samen met de chronische fysieke effecten gemodelleerd via een Integrated Assessment Model (wij gebruiken de resultaten behorende bij het REMIND model) met een macro-economische overlay (het NiGEM model). Alle drie de effecten drukken de economische groei tijdens de transitie en verlagen daardoor het niveau van het BBP, maar leiden niet tot een lagere groei nadat de transitie is voltooid.

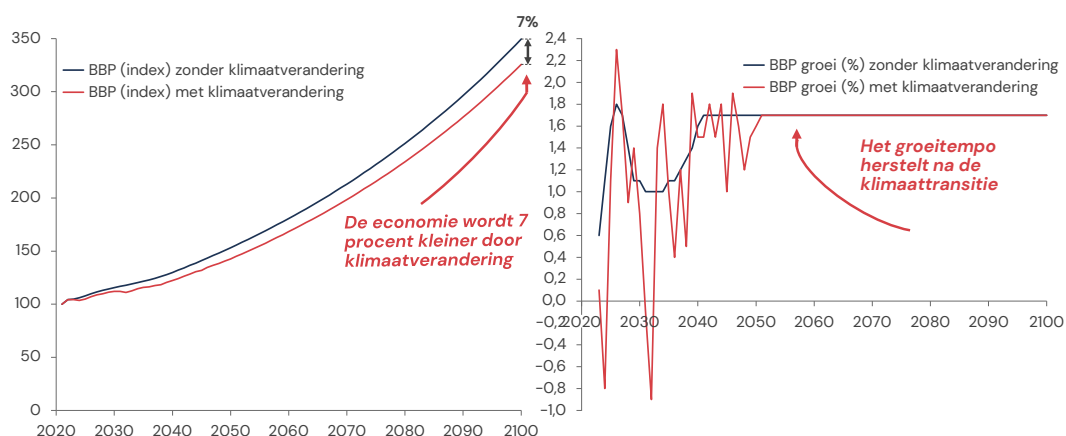
Op basis van resultaten van NGFS schatten we de effecten van klimaatverandering en klimaatbeleid op de Nederlandse groei. Het NGFS berekent effecten van verschillende klimaatscenario's op onder andere economische groei. Wij kiezen het scenario dat ons op basis van huidige beleidstrends het meest waarschijnlijk lijkt (de 'disorderly transition'), namelijk een transitie die later op gang komt en waarin vergroening in 2050 grotendeels (maar niet volledig) voltooid is. NGFS rapporteert veranderingen ten opzichte van een hypothetisch basispad waarin helemaal geen klimaatverandering plaatsvindt. De projectie van de economische groei in die twee scenario's is te zien in figuur 3, waarbij we in het hypothetische scenario zonder klimaatverandering uitgaan van de groeiraming van de Europese Commissie. Om Figuur 3 te produceren moeten we de resultaten van NGFS bewerken en omzetten naar één cijfer dat de verwachte impact op economische groei weergeeft. Dit beschrijven we in de technische appendix. Het is belangrijk om te onderstrepen dat de cijfers en modellen van NGFS gepaard gaan met grote onzekerheid, zoals ook door verschillende wetenschappers wordt aangestipt (Bezemer, 2023).

In 2050 is de Nederlandse economie naar verwachting 6,9 procentpunt minder gegroeid door klimaatverandering en -transitie, maar de langetermijngroei blijft onaangetast. Van de afname van de cumulatieve economische groei tot 2050 wordt 3,4 procentpunt veroorzaakt door acute fysieke impact (in het bijzonder door hittegolven en droogte), 3,0 procentpunt door structurele fysieke impact en 0,4 procentpunt wordt toegeschreven aan klimaatbeleid. De variabiliteit van de inschattingen waarbij klimaatverandering is meegenomen, hebben te maken met het feit dat hier een specifieke modeluitkomst van NGFS wordt gerapporteerd, waarbij bijvoorbeeld aannames over de timing van de inzet van klimaatbeleid invloed op de uitkomst hebben.

Het voeren van klimaatbeleid zorgt in deze analyse voor meer economische groei dan het niet voeren van klimaatbeleid. Als we het scenario van NGFS zouden volgen waarbij Europa volledig klimaatneutraal is in 2050, zou het geschatte effect op de economie kleiner zijn (3,9 procent in plaats van 6,9 procent). Dit komt omdat fysieke schade als gevolg van klimaatverandering wordt voorkomen en de langetermijngroei onaangetast blijft.

De genoemde getallen zijn om allerlei redenen onzeker. Het betreft grote modellen die vele theoretische en numerieke aannames vergen, allen omgeven met onzekerheid. De NGFS-projecties modelleren klimaatuitkomsten als een stochastische uitkomst. Wij richten ons (op een benadering van) de verwachtingswaarde van de uitkomsten. Rond het 95e percentiel ligt de impact van (structurele en acute) klimaatschade ongeveer tweemaal zo hoog. Bijzonder noemenswaardig is daarnaast dat ons NGFS-voorkeursscenario aanneemt dat de rest van de wereld de EU volgt. In bijvoorbeeld de Verenigde Staten lijkt dit momenteel echter minder realistisch. Het effect op de economie is op korte termijn dan mogelijk groter. Wereldwijde voortzetting van de huidige niveaus van beprijzing zou de klimaatschade in Nederland met enkele procentpunten vergroten.

Figuur 3. Voorspelde economische groei met en zonder klimaattransitie



Bron: Eigen berekeningen op basis van NGFS (2024)

4 Conclusie

Economische groei gaat gepaard met een langere levensverwachting, minder armoede, minder kindersterfte (Hillebrandt, 2020) en zelfs met geluk, ook bij hoge inkomens (Killingsworth et al., 2022). Anderzijds zijn extra broeikasgassenemissies en klimaatverandering een bedreiging voor de biodiversiteit, voedsel- en waterzekerheid en luchtkwaliteit (IPCC, 2023). Het zou dan ook slecht nieuws zijn als economische groei niet hand in hand zou kunnen gaan met het voorkomen van klimaatverandering. Gelukkig lijkt dit niet het geval, al is het niet met zekerheid te zeggen.

Desondanks brengt klimaatbeleid moeilijke keuzes met zich mee. Ook al blijft de economische groei overeind, brengt de klimaattransitie kosten met zich mee. Die kunnen ook nog eens ongelijk neerslaan, afhankelijk van hoe het beleid wordt ingevuld. Bijvoorbeeld omdat energiekosten bij huishoudens oplopen, omdat individuele bedrijven krimpen, of omdat er flink geïnvesteerd moet worden in vergroening van infrastructuur. Hier liggen dan ook politieke keuzes.

Bronnen

- 1 Aznar-Siguan, G. en Bresch, D. N. (2019). CLIMADA v1: A global weather and climate risk assessment platform. *Geoscientific Model Development*, 12(7), 3085–3097.
- 2 Bezemer, D. (2023) '3,5 graden is optimaal.'. *De Groene Amsterdammer*, 147(34).
- 3 Chateau, J., A. Miho en M. Borowiecki (2023) Economic effects of the EU's 'Fit for 55' climate mitigation policies: A computable general equilibrium analysis. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- 4 European Central Bank. (2022). 2022 climate risk stress test.
- 5 European Central Bank. (2023). Results of the 2022 climate risk stress test on the Eurosystem balance sheet.
- 6 Herrendorf, B., R. Rogerson en A. Valentinyi, A. (2013) Two perspectives on preferences and structural transformation. *American Economic Review*, 103(7), 2752–2789.
- 7 Hillebrandt, H. (2020) Growth and the case against randomista development. Te vinden op www.forum.effectivealtruism.org, 16 januari 2020.
- 8 Hinterlang, N., Martin, A., Röhe, O., Stähler, N., en Strobel, J. (2023). The Environmental Multi-Sector DSGE model EMuSe: A technical documentation (No. 03/2023). Technical Paper.
- 9 International Monetary Fund (2023). Fiscal monitor: Climate Crossroads: Fiscal Policies in a Warming World (October 2023).
- 10 IPCC (2023) AR6 synthesis report: climate change 2023 – IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change
- 11 Kalkuhl, M. en L. Wenz (2020) The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 103, 102360.
- 12 Kotz, M., Levermann, A. en Wenz, L. (2024) The economic commitment of climate change. *Nature* 628, 551–557.
- 13 Killingsworth, M. A., D. Kahneman en B. Mellers (2023) Income and emotional well-being: A conflict resolved. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(10), e2208661120.
- 14 NGFS (2024) NGFS scenarios technical documentation: Phase V. Network for Greening the Financial System
- 15 Newell, R. G., B. C. Prest en S. E. Sexton (2021) The GDP–temperature relationship: implications for climate change damages. *Journal of Environmental Economics and Management*, 108, 102445.
- 16 Our World In Data (2023) Change in per capita CO₂ emissions and GDP.
- 17 Romer, P. M. (1990) Endogenous technological change. *Journal of political Economy*,

98(5, Part 2), S71-S102.

18 Tol, R. S. J. (2024). A meta-analysis of the total economic impact of climate change. *Energy Policy*, 185, 2024, 113922.

19 Toor, J. van en A. Nibbelink (2023) Klimaatverandering en intergenerationele verdeling van financiële lasten. CPB Publicatie

20 Trinks, A., en Hille, E. (2023) Carbon costs and industrial firm performance: Evidence from international microdata, CPB Discussion Paper, No. 445.

21 Varga, J., W. Roeger, W. en J. in 't Veld (2022) E-QUEST: A multisector dynamic general equilibrium model with energy and a model-based assessment to reach the EU climate targets. *Economic Modelling*, 114, 105911.

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.

Instituut voor Publieke Economie
Prinsessegracht 6b
2514AN Den Haag

www.instituut-pe.nl
info@instituut-pe.nl
[@instituut-pe](https://www.instagram.com/instituut-pe)