



# Impact energietransitie op middellangetermijnraming van investeringen

Om de in Parijs afgesproken klimaatdoelen te behalen – zoals nettonuluitstoot in 2050 – zijn investeringen nodig.

De gevolgen van deze energietransitie op de private macro-investeringen zijn nog niet duidelijk.

In deze studie brengen wij aan de hand van de literatuur en eigen modelschattingen in kaart wat het effect is van de energietransitie op de private macro-investeringen.

De energietransitie beïnvloedt macro-investeringen via klimaatinvesteringen, het behalen van klimaatdoelen en verdringing van andere investeringen, met een geschatte toename van 0,9%-punt aan extra investeringen.

CPB - februari 2025

Adam Elbourne, Stan Olijslagers,  
Eva van der Wal, Beau Soederhuizen

# Samenvatting

**De energietransitie vergt extra investeringen van bedrijven.** Om de in Parijs afgesproken klimaatdoelen te behalen – zoals nettonuluitstoot in 2050 - zijn investeringen nodig. De gevolgen van deze energietransitie op de private macro-investeringen zijn nog niet duidelijk. Een belangrijk onderdeel is in hoeverre er verdringing van andere type investeringen plaatsvindt. Normaal beweegt de verhouding tussen investeringen en de productie in de marktsector in Nederland zich rondom een langjarig gemiddelde van ongeveer 17%. In deze studie brengen wij aan de hand van de literatuur en eigen modelschattingen in kaart wat het effect is van de energietransitie op de private macro-investeringen.

**De literatuur geeft aan dat er tussen de 1 en 2%-punt bbp aan investeringen nodig is voor de energietransitie.** Wij gaan op basis van de literatuur uit van ongeveer 1,5%-punt bbp. Nederland ligt op dit moment nog niet op koers om de klimaatdoelen te halen. Om te komen tot een puntschatting voor de raming over de middellange termijn passen wij een afslag van 20% toe op de benodigde klimaatinvesteringen, daarmee komen de benodigde investeringen uit op 1,2%-punt bbp.

**De impact op de totale investeringen is afhankelijk van de mate waarin er verdringing van andere investeringen plaatsvindt. Wij komen uit op 0,9%-punt van productie marktsector.** Het is namelijk mogelijk dat bedrijven ervoor kiezen - of gedwongen worden door financiële overwegingen - om voorrang te geven aan klimaatinvesteringen boven andere type investeringen. De literatuur is niet eenduidig over de mate waarin verdringing plaatsvindt. Eigen modelschattingen voor de mate van verdringing wijzen richting ongeveer 15%. Vanwege mogelijke onderschattingen kiezen wij ervoor om een verdringingseffect van een kwart aan te nemen. Dit zou betekenen dat de totale investeringen met ongeveer driekwart van de klimaatinvesteringen toenemen. Alle effecten tezamen, de benodigde klimaatinvesteringen, afslag voor achterlopen op klimaatdoelen en verdringing, leiden tot extra klimaatinvesteringen van ongeveer 0,9%-punt voor de productie marktsector in onze mlt-raming. Daarmee zal de energietransitie op de middellange termijn leiden tot een hogere verhouding tussen investeringen en de productie in de marktsector.

# 1 Inleiding

**De aandacht voor de energietransitie en de economische impact daarvan neemt toe.**<sup>1</sup> In Europa is klimaatbeleid gericht op het behalen van nettonuluitstoot in 2050, en 55% reductie in 2030. Een belangrijk instrument hiervoor is het EU-ETS waarmee industriële emissies worden beprijsd,<sup>2</sup> om bedrijven te stimuleren over te schakelen naar schonere energiebronnen. De energietransitie zal echter niet alleen aanpassingen van bedrijven vragen, maar ook van de overheid en huishoudens.

**De gevolgen van de energietransitie voor macro-investeringen zijn nog onderbelicht.** Deze studie onderzoekt de impact van de transitie op de totale investeringen in de Nederlandse economie. Veel studies richten zich alleen op de investeringen die nodig zijn om klimaatdoelen te behalen, zonder rekening te houden met vervangingsinvesteringen, zoals een elektrische bestelbus die een conventionele vervangt. Berenschot en Kalavasta (2021) schatten dat tussen 2015 en 2050 nog ruim 350 miljard euro nodig is, met 20 miljard euro uitgegeven tussen 2015-2020 en 100 miljard euro tussen 2020-2030. Omdat deze schattingen afhangen van aannames, bieden wij een bredere analyse, inclusief een literatuuroverzicht. Een vaak over het hoofd gezien aspect is dat investeringen mogelijk andere verdringen, zoals de aanschaf van energiezuinige machines ten koste gaat van andere investeringen; beschikbare middelen worden herverdeeld in plaats van uitgebreid.

**De omschakeling van het energiesysteem vergt grote investeringen.** Zo investeren energiebedrijven al meer in windmolenparken en een verzwaring van het elektriciteitsnetwerk. Daarnaast schakelen veel bedrijven over op elektrificatie van machines en transportmiddelen. Figuur 1.1 toont een sterke toename in milieu-investeringen door bedrijven door de jaren heen.<sup>3</sup> Bedrijven ondervinden wel belemmeringen bij hun klimaatinvesteringen, zoals hoge omschakelkosten, een tekort aan arbeidskrachten en beperkingen in het netwerk (zie figuur 1.2). Ook huishoudens investeren meer in de energietransitie, onder andere in zonnepanelen en warmtepompen.<sup>4</sup>

**Er staan nog aanzienlijke klimaatinvesteringen op de agenda om de nettonuluitstoot te verwezenlijken.** Het pad naar een klimaatneutrale economie vraagt grote investeringen, zoals het uitbreiden van het energienet en de opslag van energie. Een recent SEO-rapport schat dat er tussen 2025-2030 rond de 31 mld euro per jaar nodig is om de doelstelling van een klimaatneutrale samenleving in 2050 te halen (SEO Economisch Onderzoek, 2024). Tegelijkertijd becijfert het Planbureau voor de Leefomgeving in de KEV2024 dat het huidige tempo van vermindering van

---

<sup>1</sup> In dit stuk hanteren wij de definitie van de energietransitie voor investeringen die betrekking hebben op klimaatmitigatie. Dit zijn investeringen die erop zijn gericht om verdere opwarming van de aarde te voorkomen, bijvoorbeeld door uitstoot te verminderen. Wij nemen geen investeringen mee voor klimaatadaptatie: investeringen om aan te passen aan de gevolgen van de klimaatverandering. Dit betreffen bijvoorbeeld investeringen als dijkverhogingen.

<sup>2</sup> Zie de toelichting van de Europese Commissie op de werking van het EU-ETS systeem, om uitstoot te beprijsen ([link](#)).

<sup>3</sup> Belangrijk om te melden dat dit alleen de investeringen betreft in de bedrijfstakken delfstoffenwinning, industrie, energievoorziening en waterwinning.

<sup>4</sup> Zie bijvoorbeeld de studie van het CBS "Klimaatverandering en energietransitie – opvattingen en gedrag van Nederlanders in 2023" ([link](#)).

broeikasgassen vertraagt en dat aanvullend beleid nodig is om de benodigde investeringen uit te voeren en een uitstootreductie van 55% in 2030 te behalen (PBL, 2024).

**Figuur 1.1: Milieu-investeringen zijn sterk toegenomen de laatste jaren**

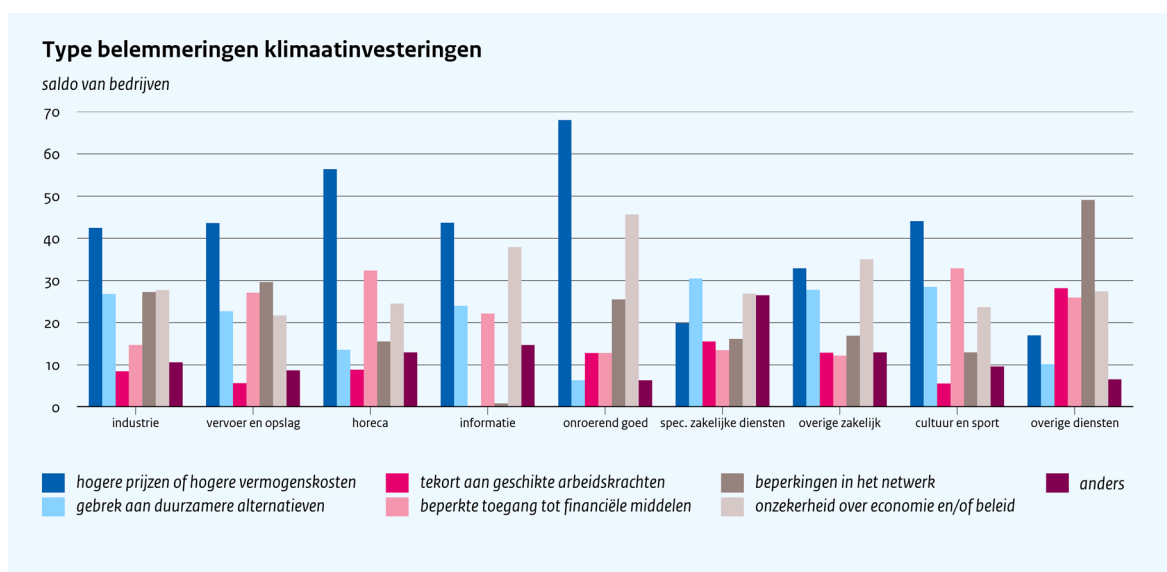


Bron: CBS.

**In deze publicatie bestuderen wij de mogelijke impact van de energietransitie op het totaal aan investeringen door de private sector.** Wij richten ons dus niet op investeringen door de overheid.<sup>5</sup> Dit rapport biedt achtergrondinformatie bij het Centraal Economisch Plan (CEP2025), waarin ontwikkelingen op de middellange termijn worden geanalyseerd. Het stuk is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 bespreken wij de uitgangssituatie voor de CPB-ramingen van investeringen, zonder rekening te houden met klimaatinvesteringen. In hoofdstuk 3 brengen wij aan de hand van de literatuur in kaart hoe groot de extra investeringen voor de energietransitie kunnen zijn en in hoeverre er verdringingseffecten optreden. In hoofdstuk 4 presenteren wij een theoretisch kader hoe de energietransitie de private macro-investeringen kan beïnvloeden. Dit laatste illustreren we ook aan de hand van een modelsimulatie in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 volgen de conclusies.

<sup>5</sup> Belangrijk om op te merken dat investeringen door bijvoorbeeld TenneT als marktinvesteringen worden geboekt in Nationale rekeningen. De financiering wordt gedaan door de overheid, maar de investeringen zijn vanuit de markt. In hoofdstuk 5 komen wij nog terug op de implicaties van de verhouding tussen publieke en private investeringen voor de energietransitie.

**Figuur 1.2: Grote belemmeringen bij klimaatinvesteringen**



Bron: CBS COEN enquête, juni 2024.

## 2 Uitgangspunt ontwikkelingen van investeringen in de raming

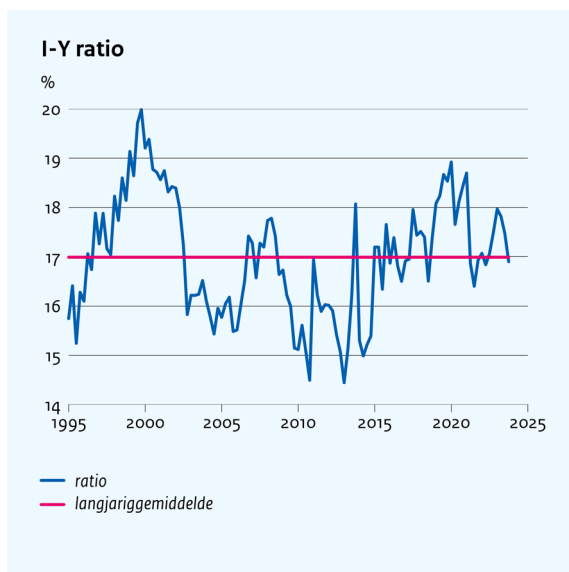
In de ramingen van het CPB worden ontwikkelingen in investeringen vooral bepaald door veranderingen in de productie in de marktsector.<sup>6</sup> Als de productie in de marktsector toeneemt, stijgen investeringen bijna twee keer zo hard (een acceleratoreffect). En afwijkingen van investeringen ten opzichte van een langetermijnwaarde<sup>7</sup> worden op basis van de modelschattingen gemiddeld met ongeveer 13% per kwartaal ingelopen.

De investeringsratio ten opzichte van de productie in de marktsector schommelt over het algemeen rondom een langjarig gemiddelde. Figuur 2.1 laat zien dat deze ratio een langjarig gemiddelde van rond de 17% heeft. Een aantal afwijkingen hiervan is noemenswaardig. In de jaren 90 was er een sterke stijging van de investeringsratio, aangejaagd door nieuwe ontwikkelingen in de IT-sector. Deze dotcom-bubbel barstte in begin 2000, waardoor investeringen sterk afnamen, zelfs sterker dan de economische activiteit daalde. Vervolgens is er een stijging te zien in de aanloop naar de financiële crisis van 2007-08, waarna wederom de investeringen sterker daalden dan de productie in de marktsector.

<sup>6</sup> De technische achtergronddocumentatie bij het Saffier 3.0-model is te vinden op de CPB-website ([link](#)).

<sup>7</sup> De langetermijnwaarde van investeringen wordt geschat op basis van een OLS co-integratielatie tussen investeringen, productie van de marktsector, en het verschil tussen de kapitaalkosten en productiekosten. De geschatte vergelijking betreft:  $I_t = \alpha_0 + Y_t - 0.5(PK_t - C_t)$ , met I=investeringen, Y= productie marktsector, PK = kapitaalkosten, en C = structurele productiekosten.

**Figuur 2.1: De verhouding tussen investeringen (I) en de productie marktsector (Y) over tijd beweegt rondom een langjarig gemiddelde**



Bron: CBS, bewerking CPB. Er is een correctie toegepast op een drietal uitschieters van investeringen in respectievelijk 2007K1 en 2015K1 en K2. Deze zijn ontstaan vanwege revisies in de Nationale rekeningen van het CBS.

**Afwijkingen in de langetermijnrelatie tussen investeringen en de productie in de marktsector worden vooral gecorrigeerd door aanpassingen van investeringen.** Op basis van een cointegratieschatting schatten wij de relatie tussen investeringen en de productie in de marktsector, evenals de snelheid van de aanpassing naar het langetermijngemiddelde (zie appendix 8.2 voor een verdere modelbeschrijving en schattingsuitkomsten). Dit doen wij om te onderzoeken of de aanpak in de CPB-ramingen aansluit bij recente ontwikkelingen in de investeringsratio. De cointegratieschatting laat zien dat afwijkingen van de langetermijnrelatie vooral worden gedicht door een aanpassing in de investeringen, en in veel mindere mate door bbp-veranderingen. Indien de investeringsratio boven de langetermijnrelatie ligt, dalen historisch gezien de investeringen per kwartaal met ongeveer 12% en stijgt het bbp met ongeveer 2%. Bij elkaar wordt er dan 14% per kwartaal van de afwijking in de investeringsratio gedicht, dit betreft zo ongeveer 45% op jaarbasis. Binnen ongeveer drie jaar is daarmee de investeringsratio weer terug bij het langjarig gemiddelde. Dit komt redelijk overeen met de eerdere schattingen voor de CPB-ramingen.

**De energietransitie kan een reden zijn waarom de investeringen afwijken van de beschreven langetermijnrelatie tussen investeringen en productie in de marktsector uit het verleden.**

Bedrijven kunnen namelijk, zowel op eigen initiatief als onder invloed van beleid, besluiten om te extra te investeren in de energietransitie. De vraag is in hoeverre deze investeringen aanvullend zijn op andere typen investeringen, of dat ze juist bestaande investeringen vervangen. Hierop zullen wij in de rest van het rapport ingaan.

# 3 Meerinvesteringen door de energietransitie

## 3.1 Klimaatinvesteringen voor klimaatdoelen

**Om klimaatverandering tegen te gaan, hebben Nederland en Europa zich ambitieuze uitstootreductiedoelstellingen opgelegd.** In het Parijsakkoord van 2015 spraken 195 landen af de wereldtemperatuurstijging te beperken tot onder de 2°C, idealiter 1,5°C. Europa stelde in de Europese klimaatwet de verplichting vast om in 2030 de netto-uitstoot van broeikasgassen met ten minste 55% te verminderen ten opzichte van 1990, en Nederland nam hetzelfde doel op in de Nederlandse klimaatwet.

**Op nationaal en Europees niveau zijn verschillende beleidsmaatregelen getroffen om de reductiedoelen te behalen.** De belangrijkste Europese instrumenten zijn de emissiehandelssystemen EU ETS<sub>1</sub> en EU ETS<sub>2</sub>, waarmee in 2030 zo'n driekwart van de broeikasgasuitstoot in Europa beprijsd zal worden. Daarnaast zijn er maatregelen zoals subsidies voor groene investeringen en verplichtingen voor hernieuwbare energie en energiebesparing. Nederland heeft extra nationale instrumenten, zoals subsidies voor verduurzaming en een CO<sub>2</sub>-heffing voor de industrie.

**Vanwege dit klimaatbeleid zullen de investeringen in het energiesysteem als percentage van het bbp de komende jaren naar verwachting toenemen.** Ten eerste zijn investeringen nodig in infrastructuur. Zo zullen het elektriciteitsnet en het laadnetwerk worden uitgebreid en zal er een netwerk voor transport van waterstof worden opgezet. Ten tweede is het produceren van hernieuwbare elektriciteit kapitaalintensiever dan het produceren van elektriciteit met fossiele brandstoffen. Verder zijn schone productietechnieken en voertuigen die elektriciteit of hernieuwbare brandstoffen gebruiken vaak nog duurder dan hun fossiele tegenhangers. We definiëren 'meerinvesteringen' door de energietransitie als het verschil tussen historische investeringen in het energiesysteem als percentage van bbp en het verwachte toekomstige percentage. Deze bovenstaande ontwikkelingen kunnen samenhangen met een versnelde afschrijving van bestaande investeringen, en vervangen worden door duurzame alternatieven.

**In deze publicatie leggen we de focus op de meerinvesteringen door de energietransitie.** Zelfs als de totale kosten van het energiesysteem gelijk zouden blijven, zullen de benodigde jaarlijkse investeringen hoger liggen, omdat kosten voor fossiele brandstoffen ingeruild worden voor kapitaalkosten. Sommige meerinvesteringen zullen echter tijdelijk zijn. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat over enkele jaren de prijzen van elektrische auto's niet langer hoger zullen zijn dan die van traditionele brandstofauto's. De verwachting is grofweg dat de kosten van het energiesysteem zullen stijgen tot en met 2040 en daarna zullen dalen (zie bijvoorbeeld het rapport van de Europese Commissie (2024), p. 60). Het zichtjaar is dus van belang voor de grootte van de meerinvesteringen. In deze studie richten wij onze blik op de periode 2025-2033, en de hoogte van de

klimaatinvesteringen in deze zichtjaren. In de modelopzet in hoofdstuk 5 komen wij terug op de aannames die wij doen voor de periode na 2033 als onderdeel van het pad van investeringen.

**Op basis van de literatuur verwachten we dat investeringen in het energiesysteem in 2030 in Nederland 1%- tot 2%-punt van bbp hoger zullen liggen dan in het recente verleden.** Tabel 3.1 geeft een overzicht van de resultaten van enkele studies. Het uiteindelijke percentage is afhankelijk van het veronderstelde scenario en de gemaakte modelaannames, maar de orde van grootte is wel vergelijkbaar. De meeste studies kijken naar benodigde investeringen op Europees niveau. De benodigde investeringen kunnen voor Nederland anders zijn, maar we nemen aan dat deze qua omvang vergelijkbaar zullen zijn met het EU-gemiddelde.

**Een kanttekening voor Nederland is dat het erop lijkt dat de klimaatdoelen niet behaald worden, waardoor mogelijk aanvullend beleid wordt gevoerd om klimaatinvesteringen aan te jagen.** De Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2024 van het Planbureau voor de Leefomgeving laat zien dat het onwaarschijnlijk is dat Nederland het wettelijke klimaatdoel van 55 procent emissiereductie behaalt (PBL, 2024). Het is denkbaar dat bedrijven niet uit zichzelf de benodigde investeringen uitvoeren, en dat strenger en aanvullend beleid nodig is.

**Op basis van de literatuur gaan wij uit van klimaatinvesteringen van 1,2%-punt voor de mlt-periode, inclusief een afslag op het niet behalen van de emissiereductiedoelen.** De klimaatinvesteringen liggen initieel met 1,5%-punt van het bbp in het midden van de genoemde studies in tabel 1. Omdat Nederland achterloopt op de klimaatdoelen passen we een aanvullende afslag toe van 20%. De KEV 2024 laat zien dat het PBL verwacht dat de emissiereductie namelijk tussen de 5 tot 20% achterloopt op het doel van 2030. Om een conservatieve inschatting te maken van de klimaatinvesteringen, nemen wij de bovengrens hiervan als afslag. De klimaatinvesteringen worden dan 1,2%-punt voor de mlt-periode (2025-2033). Deze investeringen worden richting 2030 opgebouwd, omdat de klimaatinvesteringen geïntensiveerd moeten worden voor de energietransitie. Vervolgens nemen wij aan dat er een langzame afbouw plaatsvindt vanaf 2040, omdat volgens de literatuur dan het grootste deel van de investeringen voor de energietransitie zijn gedaan.



Tabel 3.1: Overzicht van literatuur naar meerinvesteringen vanwege de energietransitie

Literatuur	Scope	Scenario	Resultaat
Berenschot en Kalavasta (2021)	NL	Streefbeeld klimaatakkoord in 2030 & klimaatneutraal in 2050	Meerinvesteringen €100 miljard tussen 2020 en 2030 (p. 4) Jaarlijks €10 miljard → +- 1% bbp
Europese Commissie (2020)	EU	55% GHG-reductie in 2030 t.o.v. 1990 – MIX55-scenario (regulering + beprijzing)	Investerings in energiesysteem nemen tussen 2021-2030 jaarlijks gemiddeld toe met 356 miljard 2015€ t.o.v. 2011-2020 → Gemiddelde toename 1,8% bbp (p. 69)
Europese Commissie (2024)	EU	85%/90% GHG-reductie in 2040 t.o.v. 1990	Energie-investeringen 2031-2040 1,9% bbp hoger dan 2011-2020 (p. 58) Kapitaalkosten energie 2031-2040 2,2% bbp hoger dan 2011-2020 (p. 60)
IEA (2022)	wereld	Klimaatneutraal in 2050	Investerings in energie stijgen van 2% BBP tussen 2017-2021 naar 4% bbp in 2030 (p. 163)
IEA (2024)	EU	Toegezegd beleid (APS) of net-zero in 2050 (NZE)	Energie-investeringen gaan van 240 mld 2023\$ tussen 2016-2020 naar 415 mld 2023\$ (APS) tot 450 mld 2023\$ (NZE) in 2026-2030 (p. 187) bbp van de EU in 2023 was 18,35 mld \$ → energie-investeringen gaan omhoog met +- 1%
IRENA (2023)	wereld	1.5 °C-scenario	Investerings in de energietransitie stijgen in 2030 naar jaarlijks +- 4500 mld 2021\$ (1,5°C) t.o.v. 1150 mld 2021\$ in recente jaren (p. 22) Wereldwijde bbp 97,5 mld \$ in 2021 → bbp +- 130 mld \$ in 2030 (3% reële groei) Investerings als percentage bbp stijgen met 2,5%-punt van +- 1,2% naar +- 3,7%

## 3.2 Mogelijke verdringing van andere investeringen

Het verhogen van klimaatinvesteringen kan ertoe leiden dat er verdringing optreedt van andere type investeringen, oftewel *crowding-out*. De benodigde klimaatinvesteringen moeten namelijk worden gefinancierd via de kapitaalmarkt of door interne middelen in te zetten. Dalende investeringsprijzen zullen waarschijnlijk niet bijdragen aan een stijging van de investeringen, aangezien deze prijzen een afvlakking laten zien (zie appendix 8.1 en Lian et al., 2019). Een groter aanbod van kapitaal kan echter worden bereikt door bijvoorbeeld lagere consumptie, en dus hogere besparingen, lagere overheidsuitgaven of door extra aanbod uit het buitenland (zie bijvoorbeeld Blazejczak et al., 2014). Een andere manier om de klimaatinvesteringen mogelijk te maken is door andere, niet-klimaatgerelateerde, investeringen af te laten nemen, waardoor er dus verdringing optreedt.

Energiebesparingen vanwege klimaatgerelateerde investeringen kunnen in de toekomst meer ruimte geven tot investeren. Zo laten bijvoorbeeld de studies van Berenschot en Kalavasta (2021) en de Europese Commissie (2024) zien dat brandstofkosten kunnen dalen door energiebesparende

investeringen, zoals bijvoorbeeld machines die op elektriciteit lopen in plaats van op fossiele brandstoffen. Hierdoor kunnen bedrijven mogelijk ruimte in de toekomst hebben om meer te investeren; immers, een deel van de kosten kan in de toekomst lager zijn (Bistline et al., 2023). Dit kan ook bereikt worden minder brandstoffen uit het buitenland te importeren (Europese Commissie, 2024).

**Er is weinig literatuur te vinden die op macroniveau kijkt naar mogelijke *crowding-out* van niet-klimaatgerelateerde investeringen.** De meeste studies richten zich op innovatieve (R&D-) investeringen en niet specifiek op klimaatinvesteringen. Deze studies vinden wel een verdringing van reguliere R&D-investeringen door energiegerelateerde R&D-investeringen (Hottenrott & Rexhäuser, 2015; Popp & Newell, 2012). Daarnaast wordt er veelal geen rekening gehouden met de simultane beslissing van bedrijven om klimaat- en niet-klimaatgerelateerde investeringen al dan niet uit te voeren. Een van de uitzonderingen hierop is een studie voor Duitse bedrijven die laat zien dat er een negatieve relatie bestaat tussen groene en overige investeringen, maar alleen voor milieubeschermende investeringen (Weche, 2018). Voor andere klimaatinvesteringen wordt geen verdringing gevonden. Eerder onderzoek laat zien dat emissiereducerende investeringen door Amerikaanse bedrijven in de papierindustrie hebben geleid tot een afname van investeringen in ander productief kapitaal (Gray & Shadbegian, 1998).

**Andere studies vinden een positieve relatie tussen klimaat- en niet-klimaatgerelateerde investeringen, of richten zich op de verdringing tussen publieke en private investeringen.** Zo is er voor Canadese industriebedrijven gevonden dat er een *crowding-in* plaatsvond, ofwel klimaatinvesteringen namen tegelijkertijd toe met andere bedrijfsinvesteringen (Klassen, 2000). Andere studies richten zich meer op de mogelijke verdringingseffecten tussen klimaatinvesteringen door de overheid en bedrijven. De studie van Deleidi et al. (2020) vindt geen verdringing tussen publieke en private klimaatinvesteringen.

**Concluderend, het is op basis van de literatuur niet duidelijk of er verdringing plaatsvindt door klimaatinvesteringen en in welke mate.** De literatuur is niet eenduidig of verdringing tussen klimaat- en overige investeringen al dan niet plaatsvindt. Daarnaast wordt uit deze studies ook niet duidelijk in welke mate de investeringen van de gehele economie veranderen door klimaatinvesteringen, omdat ze vaak op individuele bedrijven of bedrijfstakken zijn gericht. Om deze redenen zullen wij in de hoofdstukken 4 en 5 modelsimulaties presenteren voor de mogelijke omvang van verdringingseffecten.

## 4 Methode 1: eenvoudige spaar- en investeringscurve

**We gebruiken in dit hoofdstuk een eenvoudig model om de orde van grootte van verdringing te bepalen.** Met dit eenvoudige model kunnen we duidelijk de relevante economische mechanismes toelichten die verdringing van investeringen veroorzaken. Verder kunnen we met dit model bekijken hoe de mate van verdringing afhangt van parameterkeuzes. We nemen bij deze analyse aan dat de extra investeringen niet door het buitenland gefinancierd worden (het saldo op de lopende rekening blijft gelijk).<sup>8</sup> Dit betekent dat de macro-investeringen alleen toenemen als Nederlandse huishoudens extra gaan sparen. In appendix 8.3 staan de gedetailleerde uitwerkingen van dit model.

**We kalibreren een spaarcurve op basis van een twee-periodenmodel.** In dit model kiest een representatief huishouden in de eerste periode welk gedeelte van het inkomen gespaard wordt.<sup>9</sup> De rest van het inkomen wordt geconsumeerd. Het rendement op besparingen is gelijk aan de rente. Consumptie in de tweede periode stijgt als het huishouden besluit meer te sparen in de eerste periode. Huishoudens zullen in dit model meer gaan sparen als de rente hoger is, de spaarcurve is dus een stijgende functie van de rente. Als de spaarcurve relatief vlak is, zal een kleine rentestijging leiden tot een grote hoeveelheid extra besparingen. Bij een steile spaarcurve is het tegenovergestelde het geval.

**De investeringsvraagcurve kalibreren we op basis van een Cobb-Douglas-productiefunctie.** Bedrijven kiezen hun investeringen zodat de marginale productiviteit van kapitaal gelijk is aan de rente. Bij een hogere rente zal de marginale productiviteit van kapitaal dus moeten stijgen. Om de productiviteit van kapitaal te verhogen, zullen bedrijven de kapitaalgoederenvoorraad laten krimpen. Vanwege afnemende meeropbrengsten is de marginale productiviteit van kapitaal hoger bij een kleinere voorraad. De investeringsvraag neemt daarom af bij een hogere rente, wat betekent dat de investeringscurve een dalende functie is van de rente.

**Vanwege verdringing is de toename van investeringen in het evenwicht kleiner dan de initiële verschuiving van de investeringscurve.** Figuur 4.1 laat zien hoe het evenwicht in de kapitaalmarkt verandert door de extra investeringsvraag die voortkomt uit de energietransitie. De benodigde meerinvesteringen voor de energietransitie verschuiven de investeringsvraagcurve naar rechts, wat betekent dat de investeringsvraag groter wordt bij dezelfde rente. Door deze verschuiving neemt de evenwichtsrente toe, waardoor huishoudens bereid zijn om meer te gaan sparen. De gestegen rente leidt tot een nieuw evenwicht op de kapitaalmarkt. De mate waarin het aanpassingsmechanisme van rentes werkt, en daarmee de vraag naar en het aanbod van besparingen, is afhankelijk van

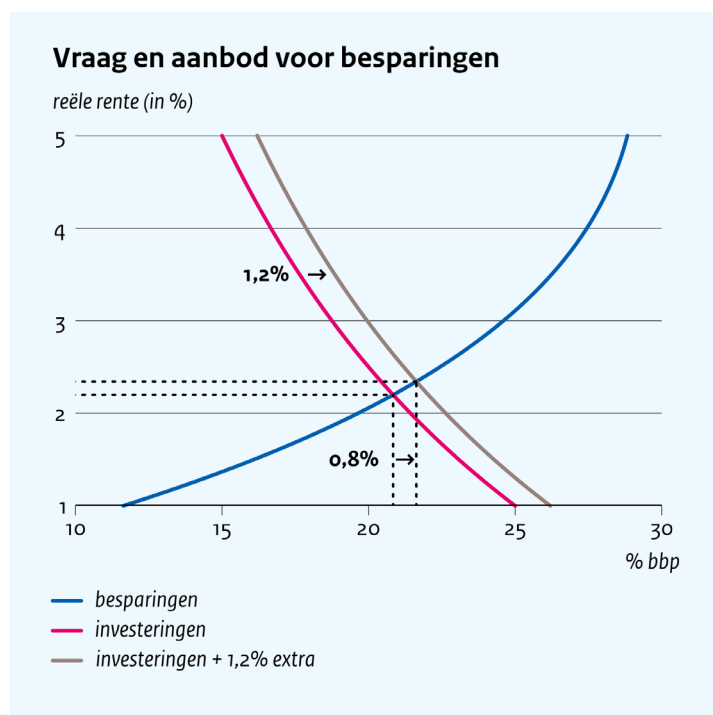
---

<sup>8</sup> We doen deze aanname om twee redenen. Ten eerste maakt deze aanname het mogelijk om met een eenvoudig model enkele mechanismen te beschrijven die de grootte van de verdringing bepalen. Ten tweede moeten andere Europese landen vergelijkbare investeringen doen vanwege de energietransitie, omdat ze vergelijkbare reductiedoelen hebben. Het is dus niet waarschijnlijk dat we de extra financiering uit andere Europese landen kunnen halen.

<sup>9</sup> We nemen aan dat het representatieve huishouden het nut van consumptie maximaliseert op basis van een iso-elastische nutsfunctie.

verschillende factoren. Zo is het bijvoorbeeld belangrijk in hoeverre de rente verandert door spaargedrag in Nederland. Indien er in het buitenland geleend kan worden, zal het gevolg van de vraag naar en het aanbod van besparingen op de rente beperkt zijn.

**Figuur 4.1: Nieuw evenwicht in kapitaalmarkt door extra investeringsvraag**



**De relatieve steilheid van de spaarcurve ten opzichte van de investeringscurve bepaalt de grootte van verdringing.** Bij een steile spaarcurve ten opzichte van de investeringscurve zullen huishoudens hun besparingen nauwelijks aanpassen als de rente verandert. Een stijging van de vraag naar investeringen leidt in dit geval tot een sterk hogere rente, waardoor de investeringen in het evenwicht nauwelijks stijgen. De verdringing is dan groot. In het extreme geval van een verticale spaarcurve heeft de rente geen invloed op besparingen en is er sprake van volledige verdringing. Bij een relatief vlakke spaarcurve ten opzichte van de investeringscurve is het tegenovergestelde het geval en is de verdringing klein.

**Met dit model komen we uit op een verdringingseffect van ongeveer een derde.** Uit hoofdstuk 3 blijkt dat met het huidige klimaatbeleid de meerinvesteringen voor de energietransitie ongeveer 1,2% bbp bedragen. De toename van investeringen in het evenwicht is kleiner dan de initiële toename, omdat de reële rente stijgt. Andere investeringen worden daarmee ontmoedigd en dalen met 0,4%-punt bbp. Na de initiële klimaatinvesteringen van 1,2% van bbp nemen de totale investeringen als percentage van bbp in het evenwicht netto met 0,8%-punt toe (klimaatinvesteringen stijgen met 1,2%-punt, overige investeringen dalen met 0,4%-punt). Het verdringingseffect komt dan uit op  $0,4\%/1,2\% = 1/3$ . Het voordeel van ons eenvoudige model is dat het makkelijk is om te bekijken hoe de verdringing afhangt van de kalibratie. Tabel 2 geeft de verdringing voor andere parameterkeuzes die de steilheid van de spaarcurve en de investeringscurve veranderen.

Tabel 2: Parameters voor het model van sparen en investeren

Substitutie-elasticiteit (lagere elasticiteit geeft een steilere spaarcurve)	Productie-elasticiteit (lagere elasticiteit geeft steilere investeringsvraagcurve)	Verdringing
0,5	0,3	86%
0,75	0,3	34%
1	0,3	25%
0,75	0,2	23%
0,75	0,4	46%

## 5 Methode 2: De energietransitie en macro-investeringen in een modelsimulatie

Een andere methode om een beeld te krijgen van hoeveel extra investeringen de energietransitie met zich zal meebrengen, is door gebruik te maken van een model dat spaar- en investeringsgedrag gedetailleerd beschrijft. We gebruiken een op Europa gekalibreerde versie van het model van Eggertsson et al. (2019), dat eerder door het CPB is gebruikt om inzicht te krijgen in toekomstige rentepadten (Ciurila et al., 2022).<sup>10</sup> Het model bestudeert huishoudens gedurende hun levenscyclus. Gegeven realistische inkomensprofielen in verschillende levensfasen sparen huishoudens om hun pensioen te financieren en een erfenis op te bouwen voor hun kinderen. Deze spaargelden worden door overheden en bedrijven gebruikt om onder andere investeringen te financieren. Dit stelt ons in staat te simuleren hoe bereid huishoudens zijn om extra spaargeld te verstrekken als bedrijven en overheden meer willen lenen om de energietransitie te financieren. Het model kan daarmee laten zien of klimaatinvesteringen worden gefinancierd via een vermindering van consumptie of ten koste gaat van andere vormen van investeringen.

Het model heeft een aantal kenmerken die niet zijn opgenomen in het eenvoudige model in de vorige sectie. Naast demografische profielen die de verwachte omvang en leeftijdsstructuur van de samenleving in de komende decennia vastleggen, omvat het model ook een gedetailleerde beschrijving van de vraag naar spaargeld. Ten eerste bevat het model ramingen voor productiviteitsgroei. Deze productiviteitsontwikkeling bepaalt hoeveel machines en fabrieken

---

<sup>10</sup> Dit model sluit beter aan bij de onderzoeksvraag in deze studie, dan andere modellen die in het CPB worden gebruikt voor langetermijnontwikkelingen. Bijvoorbeeld wordt in het Gamma-model, voor de berekening van de houdbaarheid van overheidsfinanciën, verondersteld dat de rente op de lange termijn gegeven is. Hiermee wordt dynamiek tussen de extra vraag naar spaargeld door klimaatinvesteringen op rentes, en de doorwerking daarvan op de vraag- en aanbodmechanismen van sparen/consumeren, uitgesloten.

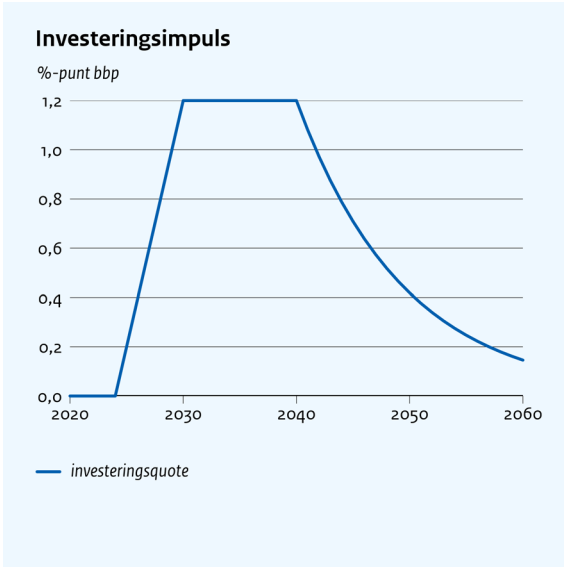
bedrijven willen bouwen om aan toekomstige vraag te voldoen. Het model bevat ook een raming van hoeveel die machines en fabrieken zullen kosten, alsook een raming van hoeveel overheden de komende decennia zullen lenen. Het model is gekalibreerd voor de economie van de eurozone en richt zich op het middellangetermijnevenwicht door af te zien van conjunctuureffecten.

**Om de extra investeringen te simuleren die nodig zijn voor de energietransitie, voegen we een extra bedrag toe aan de vraag naar spaargeld.** De investeringen worden immers gefinancierd door besparingen. Dit zien wij in het model als een exogene vraagschok; er komt een aanvullende vraag naar spaargeld. Deze extra vraag naar spaargeld leidt in het model tot een hogere rente. Dit spoort huishoudens aan om meer te sparen, maar heeft een drukkende werking op de niet-klimaatgerelateerde investeringen die bedrijven willen doen. Voor deze investeringen zijn namelijk de rentekosten gestegen. Dit laatste mechanisme is het verdringingseffect dat wij in kaart willen brengen.

**We modelleren de extra klimaatinvesteringen als een exogene toename van de overheidsschuld.** Dit doen wij omdat investeringen tijdens de energietransitie grotendeels een verschuiving zijn van technologieën met fossiele-inputs naar hernieuwbare technologieën, waarbij het geïnstalleerde kapitaal zelf de energie genereert. Hernieuwbare technologieën zijn daardoor duurder om te installeren, maar goedkoper in gebruik zodra ze zijn geïnstalleerd, zonder dat ze naar verwachting meer output produceren. Overheidsschuld heeft in het model een vergelijkbaar effect – huishoudens moeten de extra overheidsschuld financieren via hun besparingen (en uiteindelijk via belastingen) en het zorgt niet voor een hogere output, omdat het niet in productief kapitaal verandert. In principe meten we hiermee de verdringing van extra overheidsschuld, maar in het model heeft dit vergelijkbare mechanismen ten opzichte van schulden die huishoudens en bedrijven maken voor klimaatinvesteringen omdat de gevraagde besparingen uiteindelijk door huishoudens gefinancierd worden.

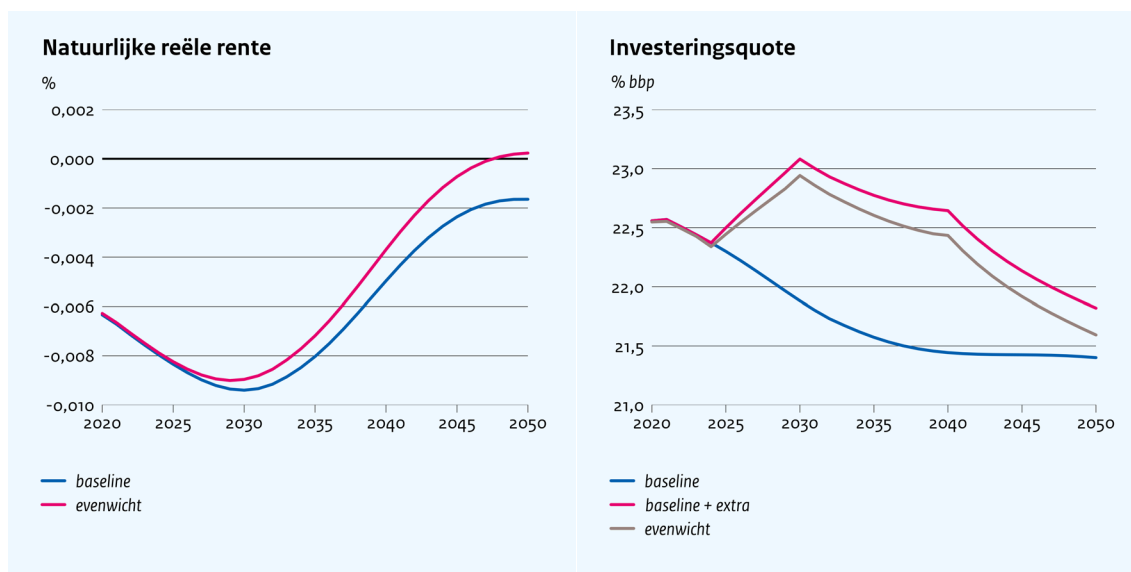
**Tot 2030 worden de jaarlijkse extra investeringen geleidelijk opgebouwd tot 1,2% bbp in 2030.** Dit is in lijn met onze inschatting op basis van de literatuur uit hoofdstuk 3, inclusief de afslag die wij toepassen vanwege het achterlopen op klimaatdoelen. Het extra bedrag dat moeten worden gefinancierd wordt getoond in figuur 5.1. Tussen 2031 en 2040 blijft de klimaatinvestering op 1,2%. Over de periode tussen 2025-2033, overeenkomstig met de mlt-periode, is hierdoor het gemiddelde van de extra investeringen ongeveer 1% bbp. Na 2040 lopen de klimaatinvesteringen geleidelijk terug, omdat de transitie naar verwachting dan langzaam vervolmaakt wordt.

**Figuur 5.1: De extra vraag voor financiering in onze modelsimulaties bereikt een piek tussen 2030 en 2040**



**Als huishoudens klimaatinvesteringen doen met spaargeld, stijgt de evenwichtsrente en dalen andere investeringen.** Over de periode 2025-2033 is het gemiddelde extra bedrag van klimaatgerelateerde investeringen dat huishoudens moeten financieren in onze simulaties ongeveer 1%-punt bbp (zie figuur 5.1). De extra financieringsvraag verhoogt de reële rente met 4 basispunten in 2030 beperkt (ongeveer 7 basispunten in 2033, figuur 5.2 links). Figuur 5.2 (rechts) toont de uitkomsten van de modelsimulaties. De onderste lijn (blauw) is het basispad, dit is zonder een aanvullende vraag naar besparingen. Vervolgens toont de bovenste lijn (roze) het basispad plus de klimaatinvesteringen uit figuur 5.1. Dit is dus zonder de modelmechanismen waarbij de vraag naar en het aanbod van besparingen verandert in samenspel met rentes. De middelste lijn (grijs) toont de modelsimulatie inclusief de endogene vraag- en aanbodmechanismen van besparingen en de daarmee gepaarde renteontwikkelingen (zoals getoond in figuur 5.2, links). De mate van verdringing wordt gemeten door het verschil tussen de roze en grijze lijn. De uitkomsten geven aan de gemiddelde investeringsquote in 2030 met maar 1,1 procentpunt toeneemt in plaats van 1,2%-punt. Met andere woorden: er is in dit geval sprake van verdringing van ongeveer 13%. Over de periode 2025-2033, overeenkomstig met de mlt-periode, bedraagt de verdringing ongeveer 15%.

**Figuur 5.2: De extra financieringsbehoefte verhoogt de reële rente (links) met gevolg dat de totale investeringen minder stijgen dan de energietransitie investeringen (rechts)**



Noot: de figuur rechts toont de investeringsquote voor de baseline (zonder extra klimaatinvesteringen, blauwe lijn), de baseline met extra klimaatinvesteringen (roze lijn), en het nieuwe evenwicht met endogene mechanismen van de extra klimaatinvesteringen (grijze lijn).

**Een belangrijke aanname in de analyse is dat Europese bedrijven niet buiten de eurozone kunnen lenen om de energietransitie te financieren; dit leidt tot een overschatting van de stijging van de reële rente en daarmee de mate van crowding-out.** Klimaatverandering is een mondiale aangelegenheid. In het model nemen wij aan dat de timing van de energietransitie identiek is, en er dus niet van het buitenland geleend kan worden. Dit doen wij om twee redenen. Ten eerste worden klimaatinvesteringen veelal binnenlands gefinancierd. En ten tweede is het onduidelijk in welke mate de fase van het doorlopen van de energietransitie en de impact op financieringsruimte verschilt tussen landen. Onder deze aanname moeten buitenlandse bedrijven ook tegelijkertijd dezelfde extra investeringen financieren als binnenlandse bedrijven. Als gevolg hiervan zouden binnenlandse bedrijven niet gemakkelijk van buitenlandse huishoudens kunnen lenen om de transitie te financieren, omdat die huishoudens hun eigen transitie financieren. We leggen deze aanname op door de netto buitenlandse activa van de eurozone in onze simulaties constant te houden. Omdat energietransitie -investeringen in de praktijk niet perfect gecorreleerd zijn tussen landen, overschat onze analyse op dit vlak hoe afhankelijk bedrijven en overheden zijn van binnenlandse huishoudens voor financiering van de transitie. Het overschat daardoor ook hoeveel rentes zullen stijgen en daarmee ook de mate van verdringing.

**Het model abstraheert van een aantal kenmerken die belangrijk zouden kunnen zijn op de middellange termijn.** Ten eerste, omdat het model is ontworpen om langetermijnontwikkelingen in rentevoeten te simuleren zijn kortetermijnfactoren, zoals monetair beleid, gewoontes en vuistregelgedrag in beslissingen over consumptie en sparen door huishoudens, niet inbegrepen.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Met vuistregelgedrag wordt bedoeld dat consumenten beslissingen nemen op basis van eenvoudige vuistregels of richtlijnen. Een voorbeeld hiervan is dat een consument altijd het goedkoopste merk van een product kiest. Dit type gedrag wordt in het model voor



Deze kortetermijnfactoren kunnen afwijkingen veroorzaken in spaar- en investeringsbeslissingen ten opzichte van wat hier wordt gemodelleerd, wat leidt tot verschillende verdringingseffecten over de achtjarige horizon. Huishoudens kunnen op de korte termijn bijvoorbeeld minder bereid zijn om extra te gaan sparen. Dit kan leiden tot meer verdringing dan in onze modelsimulaties voor de periode tot 2033, omdat de rente daardoor sterker toeneemt. Het is ook belangrijk op te merken dat de extra energie die in het binnenland wordt geproduceerd door energietransitie -investeringen (en energie-import vervangt) in onze simulaties niet leidt tot extra bbp. Of dit wel leidt tot een hoger bbp via een groter handelsoverschot hangt af van algemene evenwichtseffecten en aanpassingen in de reële wisselkoers veroorzaakt door de verandering in handelsstromen. Een gedetailleerde analyse van de effecten van deze veranderingen valt buiten het bestek van deze studie.

**Vanwege de onzekerheid rondom de daadwerkelijke verdringingseffecten kiezen wij ervoor om van ongeveer een kwart uit te gaan.** Het is op basis van de literatuur (hoofdstuk 3) niet duidelijk of er verdringing plaatsvindt door klimaatinvesteringen. Uit het gestileerde rekenvoorbeeld uit hoofdstuk 4 volgt een verdringingseffect van ongeveer 34%, terwijl uit de modelsimulaties in hoofdstuk 5 ongeveer 15% volgt. Op basis van deze inschattingen kiezen wij ervoor om tussen deze twee modeluitkomsten in te gaan zitten, en verdringingseffecten op een kwart in te schatten. Dit geeft een conservatievere inschatting van de impact op de totale investeringen in de Nederlandse economie vanwege de energietransitie. Om de daadwerkelijke verdringingseffecten van klimaatinvesteringen te identificeren, is meer onderzoek nodig.

**De impact op de totale investeringen is positief, wij komen uit op 0,9%-punt.** Aangezien er onvoldoende informatie is in de literatuur over de exacte verhoudingen tussen publieke en private investeringen in de energietransitie, nemen wij aan dat deze verhouding hetzelfde is als voor de productie.<sup>12</sup> Deze aanname is mede gedaan op basis van literatuur waar deze onderverdeling wel is gemaakt, zoals bijvoorbeeld Berenschot en Kalavasta (2018), en op basis van de verhouding in macro-investeringen tussen de overheid en de markt. Hieruit volgt dat ongeveer driekwart van de investeringen voor rekening komt van de private sector, wat vergelijkbaar is met het aandeel van de productie marktsector in het bbp. Alle effecten tezamen, de benodigde klimaatinvesteringen van 1,5%, afslag van 20% voor achterlopen op klimaatdoelen en verdringing van een kwart, leiden tot extra klimaatinvesteringen van ongeveer 0,9%-punt van de productie marktsector in onze mlt-raming.

---

langetermijnontwikkelingen niet meegenomen, maar wordt verondersteld dat huishoudens de beslissing tot consumeren of sparen aanpassen op bijvoorbeeld ontwikkelingen in de levensverwachting.

<sup>12</sup> Indien deze verhouding niet hetzelfde is, dan is het aandeel van de markt in het bbp afwijkend van die in de klimaatinvesteringen. In dat geval zouden de private klimaatinvesteringen als percentage van de productie marktsector afwijken van de totale klimaatinvesteringen als percentage van het bbp. Nu nemen wij aan dat de marktsectoren ongeveer 75% bedragen van het bbp, en wij nemen hetzelfde aan voor de bijdrage van de markt in klimaatinvesteringen. Hierdoor komen de klimaatinvesteringen als percentage van de productie marktsector uit op 1,5%, op basis van de inschattingen in de literatuur.

## 6 Literatuur

- Berenschot & Kalavasta. (2021). Een essay over de financiering van de Energietransitie tussen 2020 en 2050. *Berenschot & Kalavasta Rapport*.
- Bielecki, M., Brzoza-Brzezina, M., & Kolasa, M. (2020). Demographics and the natural interest rate in the euro area. *European Economic Review*, 129, 103535.  
<https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2020.103535>
- Bistline, J., Mehrotra, N., & Wolfram, C. (2023). *Economic Implications of the Climate Provisions of the Inflation Reduction Act* (w31267; p. w31267). National Bureau of Economic Research.  
<https://doi.org/10.3386/w31267>
- Blazejczak, J., Braun, F. G., Edler, D., & Schill, W.-P. (2014). Economic effects of renewable energy expansion: A model-based analysis for Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 1070–1080. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.134>
- Ciurila, N., Elbourne, A., Luginbuhl, R., & Teulings, R. (2022). *Structurele oorzaken van lage rente* [CPB Publicatie].
- Deleidi, M., Mazzucato, M., & Semieniuk, G. (2020). Neither crowding in nor out: Public direct investment mobilising private investment into renewable electricity projects. *Energy Policy*, 140, 111195. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111195>
- Eggertsson, G. B., Mehrotra, N. R., & Robbins, J. A. (2019). A Model of Secular Stagnation: Theory and Quantitative Evaluation. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 11(1), 1–48.  
<https://doi.org/10.1257/mac.20170367>
- Europese Commissie. (2024). Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT.
- Europese Commissie: DG Climate Action. (2020). Stepping up Europe's 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people. COM.

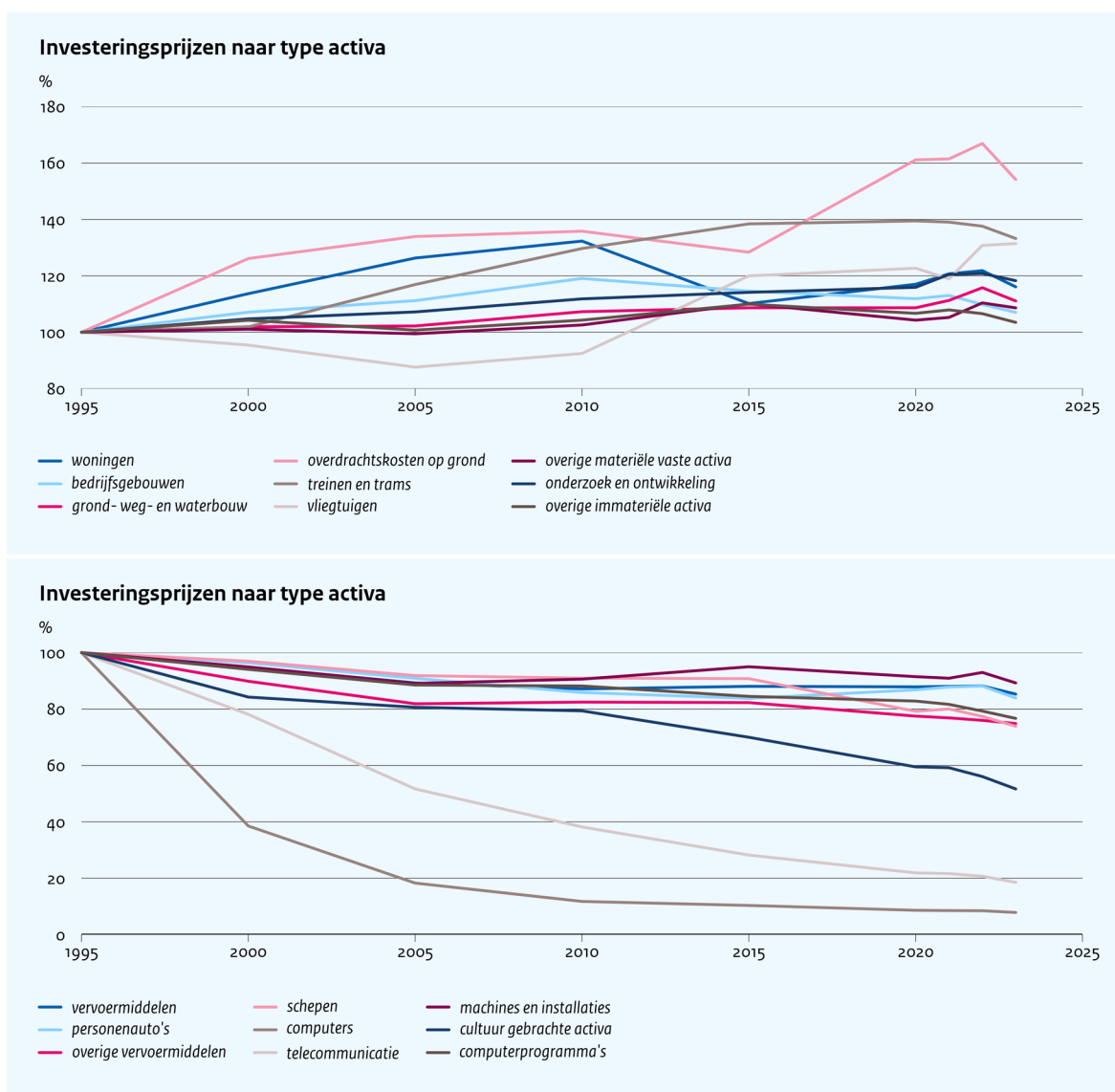
- Gray, W. B., & Shadbegian, R. J. (1998). Environmental Regulation, Investment Timing, and Technology Choice. *The Journal of Industrial Economics*, 46(2), 235–256.  
<https://doi.org/10.1111/1467-6451.00070>
- Hottenrott, H., & Rexhäuser, S. (2015). Policy-Induced Environmental Technology and Inventive Efforts: Is There a Crowding Out? *Industry and Innovation*, 22(5), 375–401.  
<https://doi.org/10.1080/13662716.2015.1064255>
- IEA. (2022). World Energy Outlook 2022. *IEA Report*.
- IEA. (2024). World Energy Investment 2024. *IEA Report*.
- IRENA. (2023). World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway. *International Renewable Energy Agency*, 1.
- Klassen, R. D. (2000). Exploring the linkage between investment in manufacturing and environmental technologies. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(2), 127–147. <https://doi.org/10.1108/01443570010304224>
- Lian, W., Novta, N., Pugacheva, E., Timmer, Y., & Topalova, P. (2019). *The Price of Capital Goods: A Driver of Investment Under Threat* [IMF Working Paper WP/19/134].
- PBL. (2024). *Klimaat- en Energieverkenning 2024*. PBL Publicatie.
- Popp, D., & Newell, R. (2012). Where does energy R&D come from? Examining crowding out from energy R&D. *Energy Economics*, 34(4), 980–991. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.001>
- SEO Economisch Onderzoek. (2024). *INVESTERINGSMONITOR ENERGIETRANSITIE 2023*. SEO Publicatie.
- Weche, J. P. (2018). Does green corporate investment crowd out other business investment? *Industrial and Corporate Change*. <https://doi.org/10.1093/icc/dty056>

# 7 Appendix

## 7.1 Investeringsprijzen

**De prijzen van investeringsgoederen zijn de laatste jaren aan het afvlakken.** De verhouding tussen de prijsindex van investeringen in vaste activa ten opzichte van de prijsindex van toegevoegde waarde in de totale economie is aan het afvlakken. Deze verhouding is uitgedrukt ten opzichte van 1995. Activa waarvan prijzen sterk zijn gestegen, zoals bijvoorbeeld woningen, zijn de laatste jaren gestabiliseerd of gedaald (figuur A.1, links). En tegelijkertijd zijn activa met dalende prijzen sinds 1995 minder hard aan het dalen (figuur A.1, rechts).

**Figuur A.1. De prijzen van vaste activa zijn de laatste jaren aan het afvlakken**



## 7.2 Cointegratieschattingen

De relatie tussen de productie in de marktsector en investeringen schatten wij aan de hand van een Vector Error Correction Model (VECM). Een VECM is een model dat wordt gebruikt om de cointegratierelatie tussen tijdreeksen te schatten. Een algemene vorm van een VECM met  $p$  vertragingen is:

$$\Delta z_t = \mu + \alpha(\beta^T z_{t-1}) + \epsilon_t,$$

Waarbij  $z_t$  de veranderingen zijn in de variabelen (in ons geval investeringen en productie marktsector),  $\alpha$  de kotertermijn aanpassingscoëfficiënt is,  $\beta^T z_{t-1}$  de cointegratierelatie omvat tussen de twee variabelen,  $\mu$  een constante betreft en  $\epsilon_t$  de storingstermen vangt.

In de veronderstelling dat investeringen en de productie marktsector op de langetermijn samen bewegen, geeft dit een cointegratierelatie (1,-1). Dit geeft:

$$\beta = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$\text{En daarmee } I_t - Y_t = c,$$

Waarbij I staat voor investeringen en Y voor de productie marktsector.

Tezamen geeft dit voor onze analyse, met 1 lag in het model:

$$\Delta \begin{pmatrix} I_t \\ Y_t \end{pmatrix} = \mu + \alpha \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix} (I_{t-1} - Y_{t-1} - c) + \epsilon_t,$$

Voor het schatten van deze relatie maken wij gebruik van data van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) voor kwartaaldata over de productie van de marktsector en investeringen. Hiermee stellen wij de investeringsratio op, uitgedrukt als investeringen/de productie marktsector. Er komen twee perioden naar voren met sterke afwijkingen, namelijk in 2007 en 2015. Deze afwijkingen zijn ontstaan door aanpassingen in de nationale rekeningen door het CBS in die jaren. Wij kiezen ervoor om deze waarden te vervangen door het gemiddelde over de gehele steekproef (1995k1-2023k4). Dit doen wij om twee redenen. Ten eerste geven deze uitschieters een veel hogere investeringsratio dan in voorgaande jaren. Hierdoor wordt het hele gemiddelde sterk omhoog getrokken. Ten tweede is de investeringsratio in de perioden daarna weer rondom het langetermijngemiddelde, wat resulteert in een hele sterke aanpassing van met name investeringen. Hierdoor schatten wij anders een hele sterke correctie-parameter naar het langetermijngemiddelde. Gegeven dat deze uitschieters vooral komen door een aanpassing in de nationale statistieken, en geen economische mechanismen, kiezen wij er dus voor de waarden te vervangen door het langetermijngemiddelde exclusief de uitschieters.

De schattingen van de cointegratie-relatie geeft de volgende uitkomsten:

$$\Delta \begin{pmatrix} I_t \\ Y_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.207 \\ 0.047 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -0.118 \\ 0.022 \end{pmatrix} (1.76 + I_{t-1} - Y_{t-1}) + \epsilon_t$$

De schattingsresultaten tonen de twee belangrijke coëfficiënten voor aanpassingen naar het langetermijn gemiddelde. In de eerste plaats geeft de -0.118 aan dat ongeveer 12% van de afwijking naar het langetermijngemiddelde per kwartaal wordt gedicht door een daling van investeringen. Vervolgens geeft de 0.022 aan dat tegelijkertijd 2% van de afwijking wordt gedicht door een toename in het bbp. Gezamenlijk geeft dit 14% per kwartaal dat wordt gedicht. Op jaarbasis wordt daarom  $1 - 0.86^4 = 45\%$  van de oorspronkelijke afwijking van de gemiddelde investerings-productieratio (I-Y ratio) ingelopen.

## 7.3 Afleiding spaar- en investeringscurves

Deze bijlage leidt de eenvoudige spaar- en investeringscurves af die worden gebruikt in hoofdstuk 4.

### Sparen

De aanname in het theoretische model is dat een huishouden een cyclus van twee perioden doorloopt en dat in elke periode het nut wordt gegeven door:

$$U(c_t) = \frac{c_t^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

waarbij  $c_t$  de consumptie in periode  $t$  is en  $\gamma$  de intertemporele elasticiteit van substitutie is. Over de levensduur van twee perioden wordt het nut gegeven door:

$$U(c_1) + \beta^x U(c_2)$$

Hier is  $\beta$  de jaarlijkse discontovoet en  $x$  het aantal jaren dat elke periode vertegenwoordigt. In ons geval laten we elke periode gelijk zijn aan 40 jaar, zodat het gemiddelde huishouden in totaal 80 jaar leeft. Stel verder dat ze elke periode een vaste schenking ontvangen,  $Y$ . Als ze sparen,  $s$ , kunnen ze een bruto rendement per jaar krijgen,  $R$ . De budgetbeperking in periode 1 wordt gegeven door:

$$c_1 = Y - s$$

en in periode 2

$$c_2 = Y + R^x s$$

Het combineren van de twee budgetbeperkingen door  $s$  te elimineren stelt ons in staat om de Lagrange-functie op te stellen

$$U(c_1) + \beta^x U(c_2) + \lambda (c_2 + R^x c_1 - Y - R^x Y)$$

De eerste orde voorwaarde voor de Lagrange-functie is

$$c_1^{-\gamma} = R^x \beta^x c_2^{-\gamma}$$

Herschikken en de consumptie in elke periode vervangen door sparen geeft:

$$Y + R^x s = (R\beta)^{xy} (Y - s),$$

wat kan worden herschikt om sparen als een functie van de rente te geven:

$$s = \left[ \frac{(R\beta)^{xy} - 1}{(R\beta)^{xy} + R^x} \right]$$

waar we het inkomen in elke periode hebben genormaliseerd tot 1. Dit betekent dat sparen,  $s$ , nu het spaarquote is.

### Investeringsen

Uitgaande van een Cobb-Douglas-productiefunctie kiest de onderneming elk jaar kapitaal om de winst te maximaliseren,

$$\Pi_t = AK_t^\alpha L_t^{1-\alpha} - w_t L_t - (r_t + \vartheta) K_t,$$

waarbij  $A$  het technologieniveau is,  $K_t$  het kapitaal dat in periode  $t$  wordt gebruikt,  $L_t$  de arbeid die in periode  $t$  wordt gebruikt,  $\alpha$  de productiviteitselasticiteit met betrekking tot kapitaal is,  $w_t$  het loon in periode  $t$ ,  $r_t$  het rentepercentage in periode  $t$  en  $\vartheta$  een risicopremie op kapitaal is. De eerste orde voorwaarde is

$$r_t + \vartheta = \alpha \frac{Y_t}{K_t}.$$

Om een uitdrukking te krijgen in termen van investeringen,  $I$ , gebruiken we de steady state definitie van investeringen

$$I = \delta K$$

Waar  $\delta$  de afschrijvingsvoet van kapitaal is. Door dit terug te plaatsen in de eerste orde voorwaarde, output te normaliseren tot 1 en uit te drukken in termen van de bruto rente om dit vergelijkbaar te maken met de huishoudvergelijkingen krijgen we:

$$I = \frac{\alpha \delta}{R + \vartheta - 1}.$$

Om een exogene rechtse verschuiving in investeringen toe te voegen die verplichte energietransitie-investeringen vertegenwoordigt, voegen we een term toe voor exogene investeringen,  $I^*$ :

$$I = I^* + \frac{\alpha \delta}{R + \vartheta - 1}.$$

### Parameters

Voor de curves in hoofdstuk 4 gebruiken we de volgende parameters:

- De intertemporele substitutie-elasticiteit,  $\gamma$ , is 0,75.
- Het aantal jaren per periode,  $x$ , is 40.
- De jaarlijkse tijdsvoorkeur,  $\beta$ , is 0,98.
- De productie-elasticiteit,  $\alpha$ , is 0,3.
- Het afschrijvingspercentage,  $\delta$ , is 5%.
- De risicopremie op kapitaal,  $\vartheta$ , is 5%.