



Impactanalyse Klimaatplan 2025-2035

Effecten op economie en brede welvaart



CE Delft

Committed to the Environment

Impactanalyse Klimaatplan 2025-2035

Effecten op economie en brede welvaart

Dit rapport is geschreven door:

CE Delft: Martijn Blom, Amanda Bachaus, Sjoerd Boerdijk, Eefje de Gelder, Ellen Schep en Maarten de Vries

Cambridge Econometrics: Pim Vercoulen en Ha Bui

Delft, CE Delft, oktober 2024

Publicatienummer: 24.240285.168

Opdrachtgever: Ministerie van Klimaat en Groene Groei

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Martijn Blom (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	4
	Begrippenlijst	7
1	Inleiding	8
	1.1 Aanleiding	8
	1.2 Hoe ziet het Nederlandse Klimaatplan 2025-2035 eruit?	8
	1.3 Doel en onderzoeksvragen	9
	1.4 Aanpak in vogelvlucht	9
	1.5 Modelafbakening E3ME	11
	1.6 Leeswijzer	12
2	Investerings- en directe gevolgen	14
	2.1 Inleiding	14
	2.2 Investeringsbehoefte in aanbodketens en de vraagsector	14
	2.3 Kosten van het energiesysteem	18
	2.4 Kosten voor landgebruik en bosbouw en niet-CO ₂ -emissies	20
	2.5 Effecten van leefstijlveranderingen	22
	2.6 Conclusie	24
3	Macro-economische effecten	26
	3.1 Inleiding	26
	3.2 Hoofdindicatoren	26
	3.3 Effecten concurrentievermogen	29
	3.4 Gevolgen voor sectoren en economische structuur	31
	3.5 Conclusie	35
4	Effecten op brede welvaart	36
	4.1 Inleiding	36
	4.2 Effecten op inkomensverdeling	36
	4.3 Effecten op luchtverontreiniging	38
	4.4 Effecten op gezondheid	39
	4.5 Tenslotte: Wat als we niets zouden doen?	44
	4.6 Conclusie	47
5	Beoordeling van beleidsrichtingen uit het Klimaatplan	48
	5.1 Inleiding	48
	5.2 Economisch beoordelingskader beleidsrichtingen	48
	5.3 Sector elektriciteit	51
	5.4 Sector industrie	53
	5.5 Sector gebouwde omgeving	54
	5.6 Sector mobiliteit	56
	5.7 Sector landbouw	60
	5.8 Circulaire economie	62



	5.9 Omgang met schaarste in het energiesysteem	64
	5.10 Conclusies	65
6	Conclusies	66
	6.1 Inleiding	66
	6.2 Conclusie macro-economische gevolgen	66
	6.3 Conclusie brede welvaart	69
	6.4 Wat als we nietsdoen?	71
	6.5 Effecten sterk afhankelijk van invulling beleid	71
	6.6 Meer gedetailleerde resultaten	71
	Literatuurlijst	75
A	Methodologie	78
	A.1 Inleiding	78
	A.2 Onderzoeksmatrix	78
	A.3 Europese Impact Assessment	79
	A.4 E3ME	80
	A.5 Doorvertaling Europese Impact Assessment naar Nederland	86
B	Gezondheid	90

Samenvatting

Het kabinet werkt aan een nieuw Klimaatplan voor 2025-2035 om de doelen van de Klimaatwet te behalen. De Klimaatwet schrijft voor dat het kabinet elke vijf jaar een Klimaatplan opstelt en aanbiedt aan de Eerste en Tweede Kamer, inclusief een beschouwing van de gevolgen. Het Klimaatplan bevat de hoofdlijnen en beleidsagenda voor het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen. Dit onderzoek geeft inzicht in de kwantitatieve gevolgen van het Klimaatplan voor huishoudens, bedrijven, economie, effecten op brede welvaart, en werkgelegenheid. Dat doet het aan de hand van drie scenario's (S1, S2 en S3) voor het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen tussen 2030 en 2050¹. Daarnaast is gekeken naar kosten indien er geen extra klimaatbeleid wordt gevoerd.

Effecten inkomens huishoudens

Klimaatbeleid heeft een negatieve impact op de besteedbare inkomens van huishoudens, echter door economische groei zullen de besteedbare inkomens van huishoudens toch stijgen. Consumptieve bestedingen nemen toe met circa 20% in 2040 en 40% in 2050, een toename van respectievelijk 1,0% en 1,2% per jaar. De ontwikkelingen van de consumptieve bestedingen is een mix van verschillende onderliggende factoren die positief en negatief uitpakken. In de onderzochte scenario's worden kapitaallasten van investeringen in de transitie twee tot drie keer hoger ten opzichte van 2011-2020. Uitgaven aan brandstof nemen echter af. Op de langere termijn (na 2050) zijn de financiële effecten daarom positief op consumptieve bestedingen, als de eenmalige investeringen zijn afgeschreven. In totaal nemen de energiesysteemkosten (zoals kosten voor elektriciteit, woningisolatie, transport en toenemende prijzen als gevolg van ETS) met ongeveer 40% toe ten opzichte van 2011-2020. Het BBP groeit in gelijke mate, waardoor de energiesysteemkosten als aandeel van het BBP ongeveer gelijk blijven.

Besteedbare inkomens nemen in alle inkomensgroepen gematigd toe over tijd. Inkomens van alle vijf inkomensklassen (kwintielen) stijgen in 2040 gemiddeld met circa 16% en in 2050 met circa 41% ten opzichte van 2023. Verschillen tussen scenario's (S1, S2, S3) zijn beperkt. Dat besteedbare inkomens gemiddeld genomen toenemen over tijd, betekent niet dat alle huishoudens in Nederland erop vooruit zullen gaan. De klimaattransitie drukt relatief zwaar op lagere inkomensgroepen omdat zij een groter deel van hun inkomen aan energie besteden en minder mogelijkheden hebben om te investeren in energiebesparende maatregelen, zeker in combinatie met een lagere baankans. Dit vergroot het risico op energiearmoede onder deze huishoudens.

Huishoudens die niet profiteren van de economische groei of geconfronteerd worden met hoge vaste lasten zijn kwetsbaar voor prijsstijgingen, en zien hun koopkracht afnemen. Kwetsbaar zijn bijvoorbeeld werknemers in sectoren waarin de arbeidsproductiviteit daalt, zoals de sector fossiele energie. Ook niet-werkenden zonder toegang tot de arbeidsmarkt zijn een kwetsbare groep, omdat zij niet profiteren van de economische groei maar wel te maken krijgen met prijsstijgingen.

¹ Het reductietempo neemt toe in de scenario's oplopend van S1, S2, naar S3.

Duurzame leefstijlkeuzes en een circulaire economie kunnen kosten significant drukken

Duurzaam consumentengedrag kan investeringen door bedrijven en consumenten beperken en zo kosten besparen. Het LIFE-scenario² kwantificeert de impact op efficiënter energiegebruik, gedeelde mobiliteit, hergebruik van materialen en spullen en minder voedselverspilling (circulaire economie). Hieruit volgt dat door verminderde energievraag de investeringsbehoefte en energiesysteemkosten dalen met respectievelijk 8,3 en 3,6% ten opzichte van S3.

Macro-economische effecten

De verwachting is dat onder de drie verschillende reductiescenario's (S1, S2 en S3) het BBP (in prijzen van 2015) met zo'n 20% zal groeien in 2040 ten opzichte van het niveau van 2023. De verschillen tussen de emissiescenario's zijn opnieuw gering.

We concluderen daarom dat zich over het algemeen beperkte productie-effecten kunnen voordoen door een sneller reductiepad voor broeikasgassen in 2040 te kiezen ten opzichte van een meer lineair pad tussen 2030 en 2050.

De effecten op de handelsbalans zijn naar verwachting per saldo negatief in de periode 2030-2050. In de scenario's zien we een afname van de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen, met een daling van 55% in de importwaarde van fossiele brandstoffen in Nederland tegen 2040 ten opzichte van 2023. Tegelijkertijd ontstaat er een toenemende afhankelijkheid van buiten Europa te winnen kritieke metalen, zoals ijzer, koper en zeldzame aardmetalen, die nodig zijn voor hernieuwbare technologieën. De importwaarde van metalen goederen neemt in 2040 met 33% toe ten opzichte van 2023, en de importwaarde van elektrische apparatuur en onderdelen zelfs met 93%. Ook de vraag naar andere grondstoffen die nodig zijn voor de uitvoering van het Klimaatplan neemt toe, zoals bio-grondstoffen en waterstof. Een manier om de afhankelijkheid van andere (niet-Europese) landen te verminderen, is het ontwikkelen van meer productiecapaciteit voor hernieuwbare technologieën en mijnbouw voor kritieke grondstoffen binnen de EU. Dit vereist aanzienlijke aanvullende investeringen. Het LIFE-scenario laat zien dat duurzame gedragsverandering de investeringsbehoefte, en daarmee de vraag naar materialen en grondstoffen uit het buitenland doen verminderen.

Investerings- en werkgelegenheid

De scenario's betekenen stevige investeringen in de energietransitie. Investeringsniveaus nemen toe van 4,5% van het BBP tot 6,1% van het BBP. Hogere investeringsniveaus brengen voor de gehele economie een geleidelijke toename van de vraag naar banen met zich mee. Dit komt met name door de sterke toename van de werkgelegenheid in de sector hernieuwbare energie en in de energie-infrastructuur. Zo zullen er meer arbeidskrachten nodig zijn om extra windparken en zonnepanelen aan te leggen en te onderhouden. De werkgelegenheid in de fossiele industrie neemt af. Gezien de huidige krapte op de arbeidsmarkt en de vergrijzing van de beroepsbevolking vormen de tekorten op de arbeidsmarkt een spelbreker voor de energietransitie. Daarbij is niet alleen sturen op arbeidsaanbod maar ook beperken van de vraag door inzet van arbeidsbesparende innovaties en prioritering binnen klimaatbeleid nodig om vertraging te voorkomen.

² Dit betreft een gevoeligheidsvariant op S3. Effecten uitgedrukt ten opzichte van S3.

Brede welvaart

De drie scenario's leveren aanzienlijke indirecte baten op voor gezondheid. **Maatregelen om in 2050 de Nederlandse uitstoot van broeikasgassen te verlagen tot 85-90% (S2) kunnen vroegtijdige sterfte door blootstelling aan luchtvervuiling significant verminderen.** Binnen de studie is een tentatieve schatting opgenomen van het effect van verminderde luchtvervuiling op gezondheid. De gezondheidskosten nemen af met € 6 miljard in 2040 en € 8 miljard in 2050, ten opzichte van 2023. Dit betreft zowel verminderde kosten van ziektelast, verbetering van welzijn en verhoogde arbeidsproductiviteit (voor zover dit werkzame beroepsbevolking betreft). Andere klimaatgerelateerde effecten op gezondheid, zoals de gevolgen van weersextremen, hitte, allergieën, UV-schade en infectieziekten, zijn niet meegenomen in de berekening. Het ligt voor de hand dat deze kosten tegelijkertijd gaan toenemen, indien de reductie van uitstoot niet tijdig wordt gerealiseerd (zie ook *Kosten van nietsdoen* hieronder).

Als gevolg van verminderde luchtvervuiling zijn er indirecte baten voor biodiversiteit. Niet alleen blijft soortenrijkdom behouden, ook heeft meer biodiversiteit een dempend effect op klimaatverandering. Meer diverse ecosystemen zijn namelijk beter in staat zijn om CO₂ op te nemen. In deze studie is een schatting opgenomen voor het effect van luchtvervuiling op biodiversiteit. De verminderde luchtvervuiling zorgt voor een daling van biodiversiteitskosten ter hoogte van € 470 miljoen in 2040 en € 630 miljoen in 2050, ten opzichte van 2023.

Kosten van nietsdoen

Tot slot is onderzocht wat de macro-economische schade is van het uitblijven van klimaatbeleid. Klimaatgerelateerde gebeurtenissen zoals hittegolven en overstromingen hebben nu al een negatieve impact op economische systemen en menselijk welzijn. Zonder actief ingrijpen zal deze impact in de toekomst verder toenemen. Voor West-Europese landen wordt de schade van het niet aanpakken van klimaatverandering, leidend tot een wereldwijde temperatuurstijging van circa 3,6°C rond 2090, geschat op ongeveer 6,2% van het BBP in 2100. Het behalen van de klimaatdoelen voor 2040 kan deze schade op lange termijn (rond 2100) jaarlijks met circa € 60 miljard (prijspeil 2022) doen verminderen.

Effecten afhankelijk van type instrumentatie

In de economische analyse hebben we niet gekeken naar een specifieke invulling van het klimaatbeleid. Volgend op de economische analyse heeft een kwalitatieve beoordeling van de beleidsrichtingen uit het Klimaatplan plaatsgevonden. De omvang van de investeringen vanuit de verschillende beleidsrichtingen verschilt sterk per onderwerp, met name investeringen in kernenergie en waterstof zijn significant. Ook hier zijn de eerder genoemde spelbrekers relevant zoals de beschikbaarheid van personeel.

Het type instrumentarium dat vanuit het Klimaatplan zal worden uitgewerkt, bepaalt hoe energie(systeem)kosten uiteindelijk worden verdeeld. In algemene zin geldt vanuit doeltreffendheid en efficiëntie meestal een voorkeur voor klimaatbeleid via normering en beprijzing. Echter, vanuit het perspectief van legitimiteit en draagvlak is het ook belangrijk dat er rekening wordt gehouden met rechtvaardigheid. Compensatie ten behoeve van kwetsbare groepen kan separaat worden vormgegeven en zal gericht en in samenhang moeten plaatsvinden met ander inkomensbeleid. De reden is dat grote groepen hun inkomen tegelijkertijd zien toenemen, maar er kwetsbare groepen zijn die niet profiteren (en wel de lasten dragen).

Begrippenlijst

Begrip	Toelichting
Biodiversiteit	Biodiversiteit omvat de verscheidenheid aan leven binnen soorten, tussen soorten en tussen de ecosystemen waartoe ze behoren. Biodiversiteit is ook een belangrijke indicator voor de kwaliteit van ecosystemen en is mede bepalend voor de mate waarin ecosysteemdiensten geleverd kunnen worden.
CAPEX	Capital Expenditures; investeringsuitgaven die over het algemeen over een periode langer dan één jaar worden afgeschreven.
Ecosysteemdienst	Bijdragen van ecosystemen aan voordelen voor de mens die bijdragen aan de economie en andere activiteiten. Deze worden vaak opgedeeld in producerende, regulerende en culturele diensten.
Energiesysteemkosten	Betreft alle kapitaalkosten, energiekosten en directe investeringskosten die gepaard gaan met het energiesysteem. Deze kosten vinden plaats in alle klimaatsectoren die de Europese Impactanalyse onderscheidt (industrie, transport, diensten, residentieel en landbouw).
Investeringsen	Uitgaven aan productiemiddelen die worden ingezet tijdens een productieproces. Investeringsen worden over het algemeen afgeschreven over een periode langer dan één jaar.
Kosten	Bedragen die worden geregistreerd op het moment dat het bedrag wordt geboekt, en normaliter worden afgeschreven in maximaal één jaar.
Mitigatiekosten	De kosten voor het mitigeren van broeikasgasemissies (zowel CO ₂ - als niet-CO ₂ -emissies).
Milieuprijzen	Kengetallen die de maatschappelijke waarde van milieuvervuiling berekenen en uitdrukken in euro's per kilogram vervuilende stof. Milieuprijzen geven daarmee de betalingsbereidheid weer voor het voorkomen van milieuvervuiling.
Kosten voor koolstofverwijdering	De kosten voor het verwijderen van CO ₂ -emissies, waarbij CO ₂ aan de atmosfeer wordt onttrokken.
OPEX	Operational Expenditures; lopende en terugkerende uitgaven voor het in stand houden van bedrijfsactiviteiten.
Uitgaven	Bedragen die worden geregistreerd op het moment dat het bedrag daadwerkelijk wordt uitgegeven.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Klimaatwet schrijft voor dat het kabinet elke vijf jaar een Klimaatplan opstelt en aanbiedt aan de Eerste en Tweede Kamer. Het Klimaatplan bevat de hoofdlijnen van het klimaatbeleid voor de komende tien jaar. Hiermee wil het kabinet de doelen uit de Klimaatwet halen.

Er wordt momenteel door de Rijksoverheid gewerkt aan een nieuw Klimaatplan voor de periode 2025-2035. De Klimaatwet vereist onder andere dat het Klimaatplan een beschouwing bevat van de gevolgen die het te voeren klimaatbeleid van de regering heeft op de financiële positie van huishoudens, bedrijven en overheden, de werkgelegenheid inclusief scholing en opleiding van werknemers, de ontwikkeling van de economie, het tot stand komen van een eerlijke en betaalbare transitie en voor de betrouwbaarheid van de energievoorziening. (Rijksoverheid, n.d.). Om hieraan te voldoen heeft het ministerie van Klimaat en Groene Groei een opdracht uitgezet om deze kwantitatieve effecten in beeld te brengen. Dit onderzoek geeft daar invulling aan.

1.2 Hoe ziet het Nederlandse Klimaatplan 2025-2035 eruit?

Het ‘Klimaatplan 2025-2035’ is de tweede editie van het Klimaatplan op basis van de Nederlandse Klimaatwet. In dit Klimaatplan legt het kabinet de beleidsagenda neer voor de periode 2025-2035. Het Klimaatplan schetst hoe het kabinet op koers kan komen voor het 2050-klimaatdoel uit de Klimaatwet. Deze beleidsagenda bevat reeds bestaand beleid en agendering van nieuwe beleidskeuzes waarover de komende jaren nog (financiële) besluitvorming moet plaatsvinden. Dit bevat de volgende inhoudelijke elementen:

1. Een beeld van hoe klimaatneutraliteit voor Nederland er voor de verschillende sectoren uit kan komen te zien, inclusief de maatregelen en sleutelfactoren die op korte termijn nodig zijn om dit te realiseren. Hierbij is naast de emissie-reducerende maatregelen ook aandacht voor de ontwikkeling van het aandeel hernieuwbare energie en de mate van besparing. Dit vertaalt zich in een beleidsagenda voor de periode 2025-2035 om in 2050 klimaatneutraliteit te bereiken.
2. Verschillende dwarsdoorsnijdende thema’s die, de komende tien jaar in het bijzonder, van belang zijn voor klimaatneutraliteit, denk aan koolstofverwijdering, leefstijl en ketenemissies. Het Klimaatplan agendeert of bevat de keuzes die op elk van deze thema’s nodig zijn.
3. Naast deze elementen zijn er beschouwingen over de stand van de klimaatwetenschap, de ontwikkeling van technologische mogelijkheden en inzet op innovatie, internationale ontwikkelingen, de grondstoffentransitie en de gevolgen van het klimaatbeleid voor huishoudens, maatschappelijke organisaties, bedrijven en overheden. Bij dit laatste moet gedacht worden aan werkgelegenheid en economie, de totstandkoming van een eerlijke en betaalbare transitie, en de betrouwbaarheid van de energievoorziening.

Het Klimaatplan gaat aldus in op het beoogde transitiepad tussen 2030 en 2050. Daarbij hanteert het plan het uitgangspunt dat Nederland in 2040, op weg naar klimaatneutraliteit in 2050, de emissies van broeikasgassen ten opzichte van 1990 met circa 90% reduceert. Met dit uitgangspunt, dat aansluit bij het EU-doel dat voor 2040 door de Europese Commissie is voorgesteld, maakt het Klimaatplan inzichtelijk hoe het transitiepad voor Nederland eruit kan zien.

1.3 Doel en onderzoeksvragen

De hoofdvraag betreft het in beeld brengen van de verwachte (kwantitatieve) effecten van het beleid gericht op 2040 op:

- de financiële positie van huishoudens naar sociaaleconomische status, bedrijven en overheden;
- de werkgelegenheid, inclusief scholing en opleiding van werknemers;
- de ontwikkeling van de economie;
- de totstandkoming van een eerlijke en betaalbare transitie en;
- voor de betrouwbaarheid van de energievoorziening.

Daarnaast wordt aandacht besteed aan:

- het effect op biodiversiteit, milieu (luchtkwaliteit) en gezondheid;
- sociaaleconomische effecten:
 - effecten voor consumenten, bedrijven en overheden;
 - effecten voor het mkb;
 - effecten voor het concurrentievermogen.
- geopolitieke context, zoals de invloed van geopolitieke ontwikkelingen op leveringszekerheid en betrouwbaarheid van de energievoorziening.

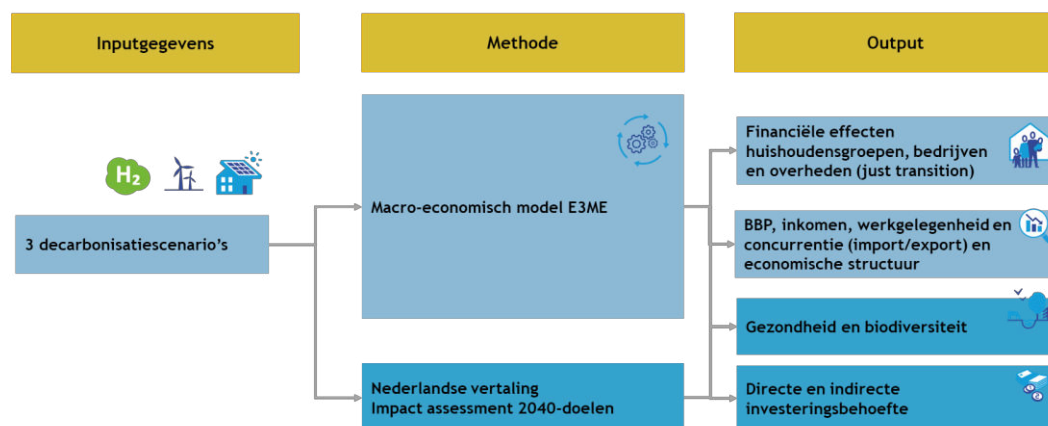
1.4 Aanpak in vogelvlucht

Fasering

Om antwoord te geven op de gestelde vragen wordt het onderzoek aan de hand van twee fasen uitgevoerd. Figuur 1 geeft een overzicht van de twee fasen.

Figuur 1 - Fasering van de aanpak

FASE 1



FASE 2



De **eerste fase** is *kwantitatief* van aard. Deze fase bevat een vertaling van de Europese impactanalyse naar gevolgen voor Nederland (EC, 2024a). Er is hierbij een specifieke doorrekening voor Nederland gemaakt met het macro-economische model E3ME (zie Paragraaf A.4 voor een verantwoording). Aanvullend zijn enkele indicatoren voor Nederland (investeringsbehoefte en kosten per sector, biodiversiteit, en gezondheid) in beeld gebracht die geen onderdeel zijn van de modelscope van E3ME. Daarbij is tevens de vraag beantwoord welke economische kosten optreden als Nederland (inclusief Europese beleidscontext) geen of beperkter klimaatbeleid zou voeren³. Deze laatste indicatoren zijn voor Nederland geschat op basis van uitkomsten uit de Europese impactanalyse (zie Paragraaf A.3).

De **tweede fase** beoordeelt de beleidsrichtingen uit het Nederlandse Klimaatplan 2025-2035 op hun economische merites. Deze analyse is *kwalitatief* van aard en zal aangeven in hoeverre er meer positieve (+) of negatieve gevolgen (-) zijn verbonden aan de gekozen uitwerking in het Nederlands beleid. Het betreft een selectie van de beleidsrichtingen die concreet en specifieke genoeg zijn om te kunnen worden beoordeeld op hun gevolgen⁴.

Drie scenario's

De impact van het Klimaatplan 2025-2035 wordt toegelicht aan de hand van de drie scenario's, die overeenkomen met de scenario's die in de Europese impactanalyse zijn gebruikt. De aannames die in de Europese impactanalyse voor deze scenario's zijn gemaakt, gelden daardoor ook voor dit rapport. De scenario's verschillen van elkaar wat betreft de emissiereductiedoelstellingen voor 2040 (ten opzichte van 1990). Alle scenario's zijn gericht op het bereiken van klimaatneutraliteit in 2050. Deze scenario's onderscheiden zich van elkaar op doelstellingen ten aanzien van de hoeveelheid verminderde GHG-emissies in 2040 ten opzichte van 1990:

- S1: tot 80% vermindering;
- S2: 85-90% vermindering;
- S3: 90-95% vermindering.

Voor S3 is aanvullend het scenario 'LIFE' doorgerekend⁵. Binnen het LIFE-scenario worden aanvullende aannames meegenomen: een verandering van de leefstijl van consumenten zoals een minder hoge gebouwtemperatuur, meer reparaties en een verlaging van de consumptie van dierlijke eiwitten. Met een sterk veranderende leefstijl zijn grotere reducties van klimaatemissies mogelijk. Daarbij kunnen ook financiële besparingen plaatsvinden op de noodzakelijke investeringsbehoefte per sector om benodigde reducties in 2040 te realiseren. De gevolgen van leefstijlverandering worden, analoog aan de Europese impactanalyse, niet in een apart scenario opgenomen maar als een gevoeligheidsanalyse gepresenteerd van S3 (zie Paragraaf 2.52.5).

Het Nederlandse klimaatplan binnen de drie scenario's

De sociaaleconomische effecten van het Klimaatplan worden voor Nederland (nationaal niveau) in kaart gebracht. Het Klimaatplan 2025-2035 gaat uit van een transitiepad met een emissiereductie van 90% in 2040. Met dit uitgangspunt, dat aansluit bij het EU-doel dat voor 2040 door de Europese Commissie is voorgesteld, maakt dit Klimaatplan inzichtelijk hoe het

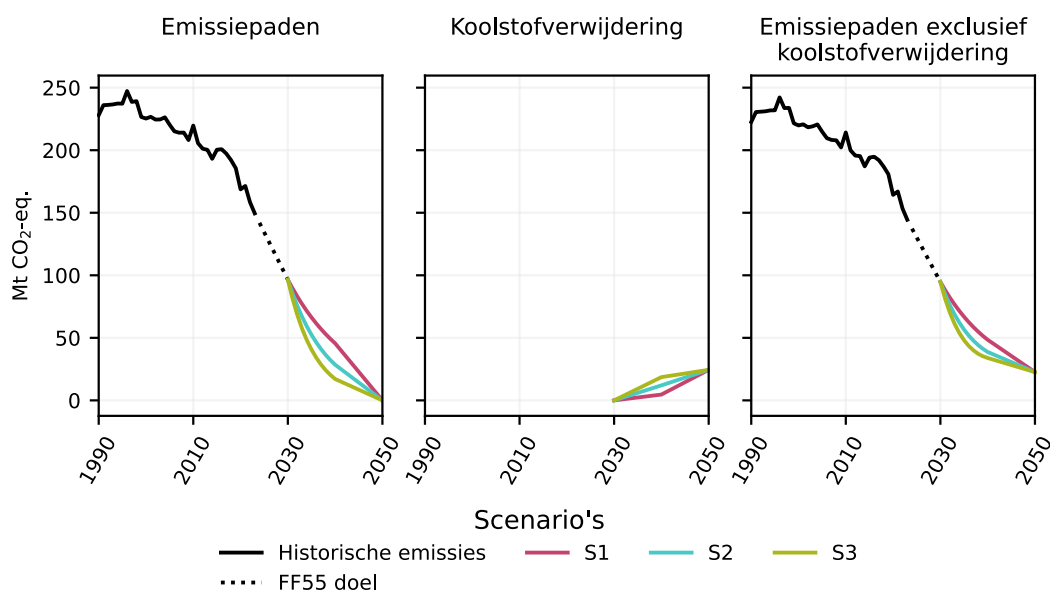
³ In het Engels wordt hiervoor de term 'cost of inaction' gehanteerd.

⁴ Een aantal beleidsmatige keuzes en -richtingen is nog niet dermate uitgewerkt dat er economische effecten aan kunnen worden toegeschreven.

⁵ Dit is dus niet voor Scenario 1 en Scenario 2 gedaan. LIFE gaat uit van hetzelfde emissiereductiepad als S3.

transitiepad voor Nederland eruit kan zien. Echter het precieze reductiepad in de tijd is nog niet vastgelegd. Het Nederlandse transitiepad is daarmee niet specifiek meegenomen in deze impactanalyse, maar zal worden beschouwd aan de hand van de drie generieke scenario's. Het transitiepad van het Klimaatplan bevindt zich tussen S2 en 3. Een uitgebreide toelichting bij de drie scenario's is opgenomen in Bijlage A.3.

Figuur 2 - Overzicht van de emissieprofielen voor S1, S2 en S3 voor Nederland; het linker paneel toont de netto emissiepaden; het middelste paneel toont de hoeveelheid koolstofverwijdering; en het rechter paneel toont de emissiepaden exclusief de bijdrage van koolstofverwijdering⁶



Figuurnoot: Voor elk scenario is er een gevoeligheidsanalyse gedaan: met of zonder landgebruik, met of zonder 'abatement' en met en zonder Carbon Removals (CDR)

Bron: CE UK

1.5 Modelafbakening E3ME

E3ME kent een uitgebreide en empirische benadering van het modelleren van economische, energie- en milieu-interacties. E3ME ligt ten grondslag aan het analyseren van de emissie-reductiedoelstellingen van de Europese Commissie voor 2030 en 2050. Tevens is het model ingezet als een van de economische modellen in de impactanalyse van de 2040-scenario's door de Europese Commissie. E3ME wordt in deze studie ingezet om de impact van de reductiepaden op basis van de drie gekozen klimaatscenario's op de Nederlandse economie en de arbeidsmarkten te evalueren. Wij verwijzen naar Bijlage A.4 voor een uitgebreide toelichting op E3ME.

⁶ Koolstofverwijdering voor 2040 en 2050 is gebaseerd op de Europese Impactanalyse en het PB30scenario uit het rapport 'trajectverkenning Klimaatneutraal 2050' van het PBL. We veronderstellen dat commerciële koolstof-verwijdering vanaf 2030 beschikbaar is.

Financiële effecten doelgroepen

De financiële effecten voor doelgroepen zijn in beeld gebracht met het model E3ME. Dit geeft voor huishoudens⁷ en bedrijven aan welke financiële effecten verwacht kunnen worden van verdergaand klimaatbeleid. Maatschappelijke organisaties maken geen onderdeel van uit van het model en zijn ook niet apart behandeld in de Europese Impactanalyse. Deze groep wordt kwalitatief behandeld.

Effecten op handelsbalans

De doorrekening voor Nederland kent een specifieke afbakening ten aanzien van internationaal klimaatbeleid in niet-Europese landen dat is meegenomen. Het klimaatbeleid in deze landen bepaalt bijvoorbeeld de economische effecten die optreden op de handelsbalans en de concurrentiepositie van Europa, en daarbinnen Nederland, ten opzichte van de rest van de wereld. Wij nemen aan dat landen buiten de EU eveneens klimaatbeleid implementeren, maar dit minder snel doen dan de Europese landen. Europese landen lopen dus vooruit op de troepen. Niet-Europese landen voeren klimaatbeleid in lijn met hun '*National Determined Contributions*'⁸. Aangezien de Europese impactanalyse geen scenario's heeft doorgerekend waarin de rest van de wereld geen klimaatbeleid voert, kan deze studie voor deze scenario's geen gedetailleerde informatie geven over de potentiële impact van koolstoflekage bij grotere verschillen in klimaatbeleid⁹.

Het beeld uit de wetenschappelijke literatuur over internationaal klimaatbeleid met verschillende snelheden en de gevolgen koolstoflekage is gemixt. Tot 2050 kan de prijs van uitstoot tussen landen verschillen, zowel als gevolg van een strikter klimaatbeleid als gevolg van nationale beprijzing van CO₂-uitstoot. Er is veel discussie in de literatuur over het risico dat er economische activiteit weglekt als Europa en daarbinnen Nederland hogere CO₂-prijzen in rekening brengt dan de rest van de wereld. We gaan nader in op deze effecten in Paragraaf 3.33.3.

1.6 Leeswijzer

In **Hoofdstuk 1** staan we stil bij de aanleiding, doel, en afbakening van het onderzoek. Hierin zullen we ook kort ingaan op de gehanteerde onderzoeksmethodiek.

In **Hoofdstuk 2** gaan we in op de investeringsbehoefte en systeemkosten voor de doelgroepen die samenhangt met de overgang naar een klimaatneutraal energiesysteem in 2050, zowel aan de vraag- als aanbodkant. Hoofdstuk 2 neemt de analyse van de Europese impactanalyse als startpunt en beoogt tot een Nederlandse vertaling te komen.

Hoofdstuk 3 beschrijft de kernresultaten met betrekking tot de macro-economische effecten op basis van de modeldoorrekening met E3ME.

⁷ Huishoudens zijn onderverdeeld in kwintielen (inkomens verdeeld in vijf gelijke inkomensgroepen).

⁸ Binnen de Europese Impactassessment worden tevens zogenaamde *Global Scenarios* onderscheiden. Deze scenario's gaan echter nog een stap verder, aangezien zij klimaatbeleid bevatten dat overeenkomt met het beperken van de opwarming van de aarde tot 1,5 °C. De Europese IA onderzocht geen scenario's waarin de rest van de wereld geen klimaatmitigatiebeleid voert.

⁹ De EU IA hanteert wel een zogenaamd 'fragmented' scenario. Dit is het scenario waarbij landen buiten EU handelen in lijn met hun Nationally Determined Contributions ((EC, 2024a), p.52). Het global scenario in de EU IA gaat ervanuit dat de hele wereld handelt in lijn met het 1,5 °C doel.

In **Hoofdstuk 4** gaan we in op de brede welvaartseffecten in Nederland van de emissie-reductiepaden per scenario.

Hoofdstuk 5 gaat vervolgens dieper in op de gekozen beleidsrichtingen uit de beleidsagenda van het Klimaatplan 2025-2035 en analyseert wat deze betekenen voor de Nederlandse economie. Tenslotte presenteert **Hoofdstuk 6** de conclusies van deze economische analyse.

2 Investeringsen en directe gevolgen

2.1 Inleiding

Om tegen 2050 klimaatneutraliteit te bereiken, zijn omvangrijke investeringen in het Nederlandse energiesysteem nodig. Dit hoofdstuk brengt, op basis van de resultaten uit de Europese impactanalyse, de investeringsbehoefte in het Europese energiesysteem in kaart en vertaalt deze vervolgens naar Nederland. Investeringsen zijn nodig aan zowel de aanbod- als de vraagzijde van het energiesysteem. Naast de investeringsbehoefte worden ook de energiesysteemkosten, de kosten voor het vastleggen en verwijderen van emissies in de LULUCF-sector (hierna: landgebruik en bosbouw) en de kosten voor het mitigeren van niet-CO₂-emissies in kaart gebracht. Tot slot kijken we aan de hand van het LIFE-scenario naar de effecten van duurzame leefstijlveranderingen, die leiden tot minder vraag naar energie en grondstoffen en mogelijk kostenbesparingen opleveren.

2.2 Investeringsbehoefte in aanbodketens en de vraagsector

Op basis van de resultaten uit de Europese impactanalyse brengen we de benodigde investeringen in het energiesysteem in kaart. Investeringsen aan de aanbodzijde van het energiesysteem betreffen voornamelijk investeringen in energie-infrastructuur, hernieuwbare energie-installaties en infrastructuur voor het afvangen van CO₂. De energiesector speelt een centrale rol in het verminderen van CO₂-uitstoot en het ondersteunen van de bredere energietransitie. Bestaande kapitaalgoederen (bijvoorbeeld elektriciteitscentrales op fossiele brandstoffen, verwarmings- en koelsystemen of industriële processen) zullen worden moeten vervangen door hernieuwbare, koolstofvrije of op elektriciteit gebaseerde activa. Daarbij ligt het in de lijn der verwachting dat de kapitaalintensiteit toeneemt.

Aan de vraagzijde van het energiesysteem gaat het om investeringen die nodig zijn om de verduurzaming van energiegebruik in de industrie, dienstensector, transport en de residentiële sector te realiseren. Voor de industrie betreft dit bijvoorbeeld investeringen in nieuwe technologieën en processen die minder energie-intensief zijn en de CO₂-uitstoot verlagen. De transportsector moet investeren in elektrificatie en andere vormen van koolstofarm vervoer. Voor de residentiële- en dienstensector zijn grote investeringen nodig in energie-efficiëntie, zoals betere isolatie en de overstap naar hernieuwbare energiebronnen voor verwarming en koeling. Tabel 1 geeft een overzicht van de investeringsbehoefte in het Europese energiesysteem per scenario.

Tabel 1 - Jaarlijkse investeringsbehoefte in het energiesysteem in de EU (€ miljard 2023)

	S1				S2			S3			S3-LIFE		
	2011-2020	2031-2040	2041-2050	2031-2050	2031-2050	2041-2050	2031-2050	2031-2040	2041-2050	2031-2050	2031-2040	2041-2050	2031-2050
Aanbodzijde	80	236	377	306	289	328	308	341	281	311	282	268	275
Energienetwerk	n.b.	79	88	84	88	81	85	96	75	85	80	73	76
Energie-installatie	n.b.	97	187	142	128	157	142	151	133	142	123	128	125
Anders	n.b.	59	102	81	72	90	81	94	73	83	79	67	73

	S1				S2			S3			S3-LIFE		
	2011-2020	2031-2040	2041-2050	2031-2050	2031-2050	2041-2050	2031-2050	2031-2040	2041-2050	2031-2050	2031-2040	2041-2050	2031-2050
Vraagzijde	785	1.197	1.252	1.225	1.216	1.242	1.229	1.229	1.220	1.224	1.125	1.137	1.131
Transport	616	866	875	870	861	885	873	856	882	869	777	798	787
Industrie	7	38	31	35	46	24	35	48	22	35	40	19	30
Residentieel	116	225	250	237	237	242	239	248	230	239	236	234	235
Diensten	29	49	78	63	53	73	63	57	67	62	53	68	60
Landbouw	17	19	19	19	19	19	19	20	18	19	19	19	19
Totaal	865	1.433	1.629	1.531	1.505	1.570	1.537	1.570	1.501	1.535	1.407	1.405	1.406

Doorvertaling naar Nederland

Op basis van de investeringsbehoeften op Europees niveau is een inschatting gemaakt van de benodigde investeringen in Nederland. Hierbij is, net als in de Europese impactanalyse, onderscheid gemaakt tussen de investeringen aan de aanbod- en vraagzijde van het energiesysteem. De investeringsbehoefte aan de aanbodzijde is berekend aan de hand van het Nederlandse niet-hernieuwbare energieverbruik ten opzichte van het EU totaal. Aan de vraagzijde is de investeringsbehoefte berekend aan de hand van het energieverbruik per sector ten opzichte van het EU totaal.¹⁰ Een toelichting bij de gehanteerde aannames is te vinden in Bijlage A.5.

De resultaten van de doorrekening zijn weergegeven in Tabel 2. Hierbij benadrukken we dat deze tabel tot stand is gekomen aan de hand van een doorvertaling van de resultaten uit de Europese impactanalyse. Hierbij is niet op nationaal niveau gekeken wat de benodigde investeringen zijn om de aanbodketens en vraagsector in Nederland te verduurzamen.

Tabel 2 - Jaarlijkse investeringsbehoefte in het Nederlandse energiesysteem (€ miljard 2023)¹¹

	S1				S2			S3			S3-LIFE		
	2011-2020	2031-2040	2041-2050	2031-2050	2031-2050	2041-2050	2031-2050	2031-2040	2041-2050	2031-2050	2031-2040	2041-2050	2031-2050
Aanbodzijde	4,1	12,0	19,2	15,6	14,7	16,7	15,7	17,4	14,3	15,9	14,4	13,7	14,0
Energienetwerk	n.b.	4,0	4,5	4,3	4,5	4,1	4,3	4,9	3,8	4,3	4,1	3,7	3,9
Energie-installatie	n.b.	4,9	9,5	7,2	6,5	8,0	7,2	7,7	6,8	7,2	6,3	6,5	6,4
Anders ¹²	n.b.	3,0	5,2	4,1	3,7	4,6	4,1	4,8	3,7	4,2	4,0	3,4	3,7
Vraagzijde	29,4	44,7	47,0	45,8	45,6	46,4	46,0	46,3	45,3	45,8	42,4	42,7	42,5
Transport	20,5	28,9	29,2	29,0	28,7	29,5	29,1	28,5	29,4	29,0	25,9	26,6	26,2
Industrie	0,4	2,1	1,7	1,9	2,5	1,3	1,9	2,6	1,2	1,9	2,2	1,0	1,7
Residentieel	4,5	8,8	9,8	9,3	9,3	9,4	9,3	9,7	9,0	9,3	9,2	9,1	9,2
Diensten	1,5	2,5	3,9	3,2	2,7	3,7	3,2	2,9	3,4	3,1	2,7	3,4	3,0
Landbouw	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5
Totaal	33,2	56,7	66,2	61,4	60,4	63,1	61,7	63,7	59,6	61,7	56,8	56,3	56,6

¹⁰ Aan de vraagzijde van het energiesysteem is uitgegaan van het totale energieverbruik omdat het niet-hernieuwbare energieverbruik niet op sectorniveau beschikbaar is.

¹¹ Deze tabel is vertaald naar de Nederlandse situatie op basis van Tabel 17 uit de Europese Impactanalyse deel 1 en Annex 8 Tabel 26 uit de Europese Impactanalyse deel 3.

¹² De Europese impactanalyse specificeert niet welke investeringen er onder de categorie 'Anders' vallen.

De investeringsbehoefte aan de aanbodzijde van het energiesysteem ligt voor de periode 2031-2050 in alle drie de kernscenario's rond de € 16 miljard per jaar. Dit is een toename van circa € 11,5 miljard per jaar ten opzichte van de periode 2011-2020. Investeringsbetreffen zowel uitbreidingsinvesteringen ten behoeve van de energietransitie als vervangingsinvesteringen voor behoud van het huidige energiesysteem. Hoewel de investeringen over de gehele periode 2031-2050 vergelijkbaar zijn, verschilt de verdeling van investeringen in de tijd per scenario. In S1 zijn de investeringen in de periode 2031-2040 wat lager, met een snelle stijging in de periode 2041-2050. S3 kent een diep emissie-reductiepad en vraagt om het snel opschalen van investeringen. Daarmee is het investeringspatroon meer omgekeerd: met hogere investeringen in de periode 2031-2040, afnemend in de periode 2041-2050. Deze variaties hebben vooral betrekking op investeringen in energie-installaties. De investeringen in energienetwerken blijven redelijk stabiel over de tijd met zo'n € 4 miljard per jaar.

Vraagzijde

Aan de vraagzijde van het energiesysteem bedraagt de investeringsbehoefte over de periode 2031-2050 circa € 46 miljard per jaar. Dit is een toename van circa € 16 miljard ten opzichte van de periode 2011-2020. Ook hier gaat het om zowel uitbreidings- als vervangingsinvesteringen. Net als aan de aanbodzijde is de investeringsbehoefte ongeveer gelijk tussen de drie kernscenario's. Ook blijft de investeringsbehoefte redelijk stabiel gedurende de gehele periode. De verduurzaming van de transportsector vergt de grootste investeringen, gevolgd door de residentiële sector.

Transport

In de transportsector wordt de investeringsbehoefte over de periode 2031-2050 geraamd op € 29 miljard per jaar. Dit betekent een toename van € 9 miljard per jaar, ofwel 41%, in vergelijking met de periode 2011-2020. Het grootste deel van deze investeringen betreft de aanschaf van elektrische personenvoertuigen voor privégebruik.

Om de beoogde emissiereducties te realiseren, gaat de Europese impactanalyse ervan uit dat de aanschaf van nieuwe voertuigen voor privégebruik - waarmee voertuigen met een verbrandingsmotor worden vervangen door elektrische voertuigen - met 18% toeneemt ten opzichte van de periode 2011-2020 (EC, 2024b).¹³ Dit verklaart een groot deel van de verhoogde investeringsbehoefte. Daarnaast wordt verwacht dat de gemiddelde aanschafkosten van voertuigen stijgen. Deze kostenstijging vindt voornamelijk plaats in de periode 2031-2040, en vakt af richting 2050 door een verwachte daling in de aanschafkosten van elektrische voertuigen. Over de gehele periode 2031-2050 wordt verwacht dat de gemiddelde aanschafkosten van voertuigen voor privégebruik ongeveer 10% hoger liggen dan in 2011-2020 (EC, 2024b).

Een belangrijk punt is echter dat elektrische voertuigen aanzienlijk lagere onderhouds- en operationele kosten hebben dan voertuigen met een verbrandingsmotor (EC, 2024b). Hierdoor kunnen de hogere aanschafkosten gedeeltelijk of zelfs volledig worden terugverdiend in de gebruiksfase.

¹³ Pagina 174.

Residentieel en diensten

In de residentiële- en dienstensector nemen investeringen met circa € 6,5 miljard per jaar toe ten opzichte van 2011-2020. Voor de residentiële- en dienstensector ligt de nadruk op het verbeteren van de energie-efficiëntie van gebouwen en het vervangen van technologieën voor verwarming, koeling, elektrische apparatuur en verlichting door koolstofvrije alternatieven. Het hogere ambitieniveau in 2040 onder S3 vereist hogere investeringen vergeleken met S2 en S1. In deze laatste scenario's nemen investeringen pas in de periode 2041-2050 toe, wat ertoe leidt dat de gemiddelde investeringsniveaus over de gehele periode van 2031-2050 uiteindelijk in de drie scenario's vergelijkbaar zijn.

Industrie

In de industrie neemt de investeringsbehoefte toe van een geschatte € 0,4 miljard per jaar in 2011-2020 naar € 1,9 miljard per jaar in 2031-2050. In de industrie zijn investeringen hoofdzakelijk nodig om de energie-intensieve sectoren te verduurzamen. Volgens de Europese impactanalyse gaat 34% van de totale industriële investeringen in Europa naar de chemische industrie, 14% naar de ijzer- en staalindustrie, en 9% naar de papierindustrie.¹⁴ In Nederland is de chemische industrie, samen met de kunststof- en rubberindustrie, aanzienlijk groter dan het Europese gemiddelde. Daarom wordt verwacht dat een groter deel van de benodigde industriële investeringen in Nederland naar deze sectoren zal gaan. Daarentegen zijn de papierindustrie en de ijzer- en staalindustrie in Nederland kleiner dan het Europese gemiddelde (CBS, 2024b); (Eurostat, 2024c).¹⁵

Opbouw van eigen industrie kan voor aanvullende investeringen zorgen

Veel van de eerder genoemde investeringen worden gedaan in technologieën die buiten Europa worden ontwikkeld. In de Europese impactanalyse is echter ook een scenario opgenomen waarin de EU zelf productiecapaciteit opbouwt voor technologieën zoals wind-energie, zonne-energie, batterijen, warmtepompen en waterstof. Het ontwikkelen van deze industriële productiecapaciteit vraagt op Europees niveau om aanvullende investeringen van € 23,3 miljard per jaar in de periode 2031-2040. (Europese impactanalyse Annex 8, Tabel 33). Het is lastig te zeggen wat de Nederlandse bijdrage zal zijn voor het opschalen van Europese productiecapaciteit in duurzame energietechnologieën.

Tot slot is het belangrijk te benadrukken dat investeringen in het energiesysteem altijd nodig zijn, niet enkel ten behoeve van de energietransitie. Uit de Europese impactanalyse valt af te leiden dat investeringen in het energiesysteem in de periode 2011-2020 gelijk zijn aan 4,5% van het BBP.¹⁶ Het is de verwachting dat dit percentage in de periode 2031-2050 zal oplopen tot 6,1% van het BBP.

In Annex 8 hoofdstuk 2.2 van de Europese impactanalyse is meer detailinformatie te vinden over de aannames en de uitkomsten van de investeringsbehoefte in het energiesysteem op Europees niveau. De aannames uit de Europese impactanalyse zijn ook van toepassing op de in dit hoofdstuk gepresenteerde uitkomsten.

¹⁴ Deze cijfers zijn afgeleid uit Annex 8 Tabel 28 van de Europese impactanalyse.

¹⁵ Deze kwalitatieve doorvertaling van de verwachte investeringsbehoefte per industriële sector naar Nederland is gedaan aan de hand van een vergelijking van het finale energieverbruik per industriële sector in Nederland ten opzichte van het Europees totaal.

¹⁶ Afgeleid uit Tabel 18 en Annex 8 Figuur 103 van de Europese impactanalyse.

2.3 Kosten van het energiesysteem

Met investeringen in het energiesysteem gaan ook kosten gepaard. De Europese impact-analyse maakt bij de kosten van het energiesysteem onderscheid tussen kapitaalkosten (die voortkomen uit de investeringen), energiekosten (brandstoffen, elektriciteit en warmte) en directe investeringskosten voor vraagvermindering zoals kosten voor woningisolatie, dubbel/driedubbel glas, systemen voor binnenklimaatregeling, energiemanagement en procesoptimalisatie bij de industrie.

Tabel 3 - Gemiddelde jaarlijkse energiesysteemkosten in de EU (€ miljard)¹⁷

	2011-2020	2021-2030	2031-2040			2041-2050			2030-2050		
			S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Totale energie-systeemkosten	1.766	2.130	2.419	2.472	2.508	2.508	2.527	2.530	2.463	2.500	2.519
% BBP	11.9%	12.5%	12.4%	12.7%	12.9%	11.2%	11.3%	11.3%	11.8%	12.0%	12.1%

Tabel 3 toont de totale jaarlijkse energiesysteemkosten in de EU. Te zien is dat de energiesysteemkosten naar verwachting zullen stijgen als gevolg van de toename in investeringen en bijbehorende kosten. In S2 liggen de jaarlijkse kosten van het energiesysteem voor de periode 2031-2040 16,1% hoger dan in 2021-2030, en 40% hoger dan in 2011-2020. Door een vergelijkbare groei van het BBP blijven de energiesysteemkosten als percentage van het BBP echter relatief stabiel, variërend tussen 11 en 13%.

Tabel 4 - Totale jaarlijkse kosten van het energiesysteem in de EU (% verschil met S2)¹⁸

EU27	Miljard (€ 2023)		2031-2040			2041-2050		
	2011-2020	S2 (2031-2040)	S1 vs. S2	S3 vs. S2	S3-LIFE vs. S3	S1 vs. S2	S3 vs. S2	S3-LIFE vs. S3
Totale kosten energiesysteem	1.766	2.472	-2.1%	1.5%	-2.6%	-0.8%	0.1%	-4.6%
Industrie	270	410	-3.4%	2.3%	-3.8%	-1.1%	0.6%	-8.7%
Tertiair ¹⁹	312	397	-0.5%	0.5%	-1.1%	0.2%	-0.3%	-2.7%
Residentieel	620	850	-1.4%	1.0%	-1.4%	-0.6%	0.2%	-2.0%
Transport	564	815	-3.1%	2.0%	-4.0%	-1.4%	-0.1%	-6.0%
Kapitaal- en directe efficiëntie investeringskosten	407	956	-1.8%	1.7%	-2.4%	-1.3%	1.2%	-3.4%
Industrie	17	85	-3.2%	1.6%	-3.5%	-2.0%	0.8%	-8.1%
Tertiair	51	137	-2.1%	2.4%	-1.9%	-0.7%	1.0%	-1.9%
Residentieel	251	490	-1.9%	1.6%	-1.6%	-1.0%	0.9%	-0.4%
Transport	87	243	-1.1%	1.6%	-4.0%	-2.0%	2.0%	-7.5%

¹⁷ Deze tabel is afgeleid van Tabel 19 van de Europese impactanalyse.

¹⁸ Deze tabel is afgeleid van Tabel 18 en Annex 8 Tabel 34 van de Europese impactanalyse.

¹⁹ Voor de kosten van het energiesysteem hanteert de Europese impactanalyse de term tertiair voor energie gerelateerde kosten in de sectoren diensten en landbouw.

Energiekosten	1.359	1.516	-2.3%	1.3%	-2.7%	-0.4%	-0.7%	-5.5%
Industrie	253	325	-3.4%	2.5%	-3.8%	-0.8%	0.5%	-8.9%
Tertiair	261	259	0.3%	-0.5%	-0.6%	0.8%	-1.0%	-3.1%
Residentieel	369	360	-0.7%	0.3%	-1.1%	0.0%	-0.8%	-4.3%
Transport	476	572	-3.9%	2.1%	-4.0%	-1.0%	-1.3%	-5.1%

Beperkte verschillen tussen energiesysteemkosten per scenario

Tabel 4 toont de energiesysteemkosten per scenario, onderverdeeld naar de verschillende sectoren. Op EU-niveau liggen de totale energiesysteemkosten in alle scenario's relatief dicht bij elkaar. In vergelijking met S2 zijn de kosten over de gehele periode 2031-2050 in S1 1,5% lager en in S3 0,8% hoger.

Tot 2040 vereist een dieper/steiler reductiepad meer investeringen, waardoor de kapitaal-kosten en directe investeringen in besparingen en vraagvermindering toenemen in S2 en S3. Na 2040 zorgen de grotere investeringen in S3 tot besparingen van de energiekosten ten opzichte van S2. Deze trend is alleen niet zichtbaar in de industriële sector.

Doorvertaling naar Nederland

De totale energiesysteemkosten op Europees niveau worden vertaald naar Nederland op basis van het aandeel van het totale niet-hernieuwbare energieverbruik in Nederland, dat 5,1% van het Europees totaal bedraagt.²⁰ De resultaten zijn weergegeven in Tabel 5. Hierbij benadrukken we dat deze tabel tot stand is gekomen aan de hand van een doorvertaling van de resultaten uit de Europese impactanalyse. Hierbij is dus niet op nationaal niveau gekeken wat de verwachte energiesysteemkosten zijn die gepaard gaan met de verduurzaming van het Nederlandse energiesysteem.

Tabel 5 - Geschatte jaarlijkse energiesysteemkosten in Nederland (€ miljard)²¹

	2021-2030	2031-2040			2041-2050			2031-2050		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Totale energiesysteemkosten	109	123	126	128	128	129	129	126	128	128

De totale geschatte energiesysteemkosten in Nederland komen uit op € 123-128 miljard voor de periode 2031-2040, en € 128-129 miljard voor de periode 2041-2050. Net als voor de EU als geheel is voor Nederland de verwachting dat de energiesysteemkosten als aandeel van het BBP over tijd nagenoeg constant zullen blijven.

²⁰ Door uit te gaan van het aandeel niet-hernieuwbare energieverbruik in NL t.o.v. EU totaal (5,1%) in plaats van het aandeel totaal energieverbruik (4,6%) wordt rekening gehouden met de achterstand van Nederland in de energietransitie ten opzichte van het Europees gemiddelde. De energiesysteemkosten worden daarmee wat hoger ingeschat. Meer toelichting is te vinden in Bijlage A.5.

²¹ Deze tabel is vertaald naar Nederland aan de hand van Tabel 19 van de Europese impactanalyse.

Gegeven de uitkomsten van de Europese impactanalyse zullen de energiesysteemkosten naar verwachting het hoogst zijn in de residentiële en transportsector, gevolgd door de tertiaire sector (diensten en landbouw) en de industrie. Dit betekent dat de sectoren met de grootste investeringsbehoefte ook de hoogste energiesysteemkosten met zich meebrengen.

2.4 Kosten voor landgebruik en bosbouw en niet-CO₂-emissies

Emissiereducties in de verschillende sectoren zijn niet genoeg om de klimaatdoelen te behalen. Negatieve emissies maken onderdeel uit van de reductiepaden: voldoende stimulans is nodig om de economie te transformeren naar daadwerkelijke netto-verwijdering. Daarbij zal vanaf 2030 CO₂ aan de atmosfeer moeten worden onttrokken en opgeslagen (koolstofverwijdering). Koolstofverwijderingen in de sector landgebruik en bosbouw hebben betrekking op de implementatie van reductietechnologieën of op de natuur-gebaseerde CO₂-verwijdering. Zowel technische als natuur-gebaseerde koolstofverwijderingen zijn essentieel in elk scenario om tegen 2050 netto-nul emissies te bereiken.

De verdeling tussen technische en natuur-gebaseerde verwijderingen kan variëren, afhankelijk van de ontwikkeling van prijzen voor industriële verwijderingstechnologieën en natuur-gebaseerde verwijderingsopties. Hoewel verwacht wordt dat natuur-gebaseerde verwijderingen het grootste deel van de koolstofverwijderingen zullen uitmaken, is het niet zeker welke opties op een bepaald moment efficiënter zullen zijn (Europese impactanalyse Annex 8, pagina 126).

Natuur-gebaseerde verwijderingsopties in landgebruik en bosbouw omvatten interventies in bossen (bijvoorbeeld vermindering van ontbossing, herbebossing, bosbeheer, herstel van veengebieden) en landbouwbodems (bijvoorbeeld beheer van organische bodemkoolstof, boslandbouw) en hebben verschillende potentiëlen. De kosten voor verschillende verwijderingsopties worden gespecificeerd als een jaarlijkse prijs per ton CO₂-equivalent, die nodig is voor de uitvoering van een bepaalde optie.

Naast koolstofverwijdering is ook mitigatie van niet-CO₂-broeikasgasemissies nodig om opwarming van de aarde te beperken. Bij niet-CO₂-emissies gaat het om stoffen zoals methaan, lachgas en fluorhoudende gassen (F-gassen). Deze broeikasgassen komen bijvoorbeeld vrij in de landbouw, industrie, transport, en gebouwde omgeving en hebben een sterk klimaatopwarmend effect. Om niet-CO₂-emissies te verminderen, worden in de Europese impactanalyse diverse reductiemaatregelen voorgesteld. In de landbouw gaat dit bijvoorbeeld om technologieën zoals voederadditieven en nitrificatieremmers die methaan- en lachgasemissies moeten beperken. In de afvalsector gaat dit om biogaswinning en striktere afvalwaterbehandeling wat methaanemissies moet verminderen. In de energie- en transportsector kan worden gedacht aan lekdetectie, reparatieprogramma's en efficiëntere brandstofverbranding. Het gebruik van F-gassen in verwarming en koeling kan worden teruggedrongen door alternatieve koelmiddelen.

Tabel 6 geeft een overzicht op Europees niveau van de verwachte jaarlijkse kosten van koolstofverwijderingen in de sector landgebruik en bosbouw, en de kosten voor het mitigeren van niet-CO₂-emissies.

Tabel 6 - Gemiddelde jaarlijkse kosten in de EU voor koolstofverwijderingen en de mitigatie van niet-CO₂-emissies (miljard € 2023/jaar)²²

EU totaal in € miljarden	2031-2040			2041-2050			2031-2050		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Verwijdering van LULUCF GHG-emissies	1.1	2.5	2.5	1.6	2.8	2.8	1.3	2.7	2.7
Mitigatie van niet-CO ₂ -emissies	0.0	0.7	3.4	3.9	4.1	5.0	2.0	2.4	4.2
<i>Waarvan in de landbouw</i>	<i>0.0</i>	<i>0.4</i>	<i>3.2</i>	<i>3.8</i>	<i>3.9</i>	<i>4.8</i>	<i>1.9</i>	<i>2.2</i>	<i>4.0</i>

De kosten voor koolstofverwijderingen lopen uiteen tussen drie scenario's. In S1 worden er tot 2040 beperkte maatregelen genomen om CO₂-emissies te verwijderen, en geen specifieke maatregelen genomen om niet-CO₂-emissies te mitigeren. Echter, om klimaatneutraliteit in 2050 te bereiken, zijn er na 2040 alsnog koolstofverwijderingen nodig om rest-emissies te compenseren. In S2 en S3 worden er tot 2040 meer maatregelen genomen om CO₂-emissies te verwijderen. In S2 en S3 vindt er daardoor over de gehele periode 2031-2050 significant meer koolstofverwijdering plaats dan in S1. Dit komt doordat S2 en S3 over de gehele periode 2030-2050 op een hoger reductiepad zitten ten opzichte van S1, waardoor er meer koolstofverwijderingen nodig zijn om dit hogere reductiepad te realiseren. Hetzelfde geldt voor de mitigatie van niet-CO₂-emissies.

Doorvertaling naar Nederland

De sector landgebruik en bosbouw is op Europees niveau belangrijk voor de realisatie van negatieve emissies. In de EU als geheel absorbeert de sector meer koolstof dan dat het uitstoot, en heeft de EU voor 2030 de doelstelling om 310 miljoen ton aan CO₂-verwijderingen te realiseren. Nederland heeft een bijzondere positie in de sector landgebruik en bosbouw. Waar bijna alle Europese landen op dit moment negatieve CO₂-emissies realiseren, realiseert Nederland netto-positieve emissies in de sector vanwege oxidatie van veenbodems en omdat er in Nederland relatief weinig bebost gebied is. In de periode 2016 tot en met 2018 stootte Nederland gemiddeld 5 miljoen ton per jaar aan CO₂-equivalenten uit in deze sector. De EU heeft voor Nederland een bindend nationaal doel gesteld om tegen 2030 een emissiereductie van ongeveer 400 kiloton CO₂-equivalenten te behalen, een vermindering van 4.900 naar 4.500 kiloton (Verordening (EU) 2023/839). Dit vertegenwoordigt ongeveer 1% van de totale Europese emissiereductiedoelstelling voor de sector in 2030. Het is nog niet bekend wat de doelstellingen voor Nederland na 2030 zullen zijn, maar de verwachting is dat er beperkt aanvullend potentieel is om emissies in de sector te reduceren. Omdat Nederland een unieke positie heeft binnen Europa, is er geen doorvertaling naar de Nederlandse situatie gemaakt van de koolstofverwijderingskosten in de sector landgebruik en bosbouw.

Een doorvertaling van de mitigatiekosten voor niet-CO₂-emissies naar Nederland is wel mogelijk. Deze doorvertaling is gebaseerd op het aandeel van de niet-CO₂-emissies in Nederland ten opzichte van het Europese totaal. Hierbij wordt aangenomen dat de kosten voor het mitigeren van niet-CO₂-emissies gelijkmatig worden verdeeld over Europa, naar rato van het nationale aandeel in de niet-CO₂-emissies. De resultaten van deze schatting zijn weergegeven in Tabel 7. Deze resultaten zijn gebaseerd op een doorvertaling van de resultaten uit de Europese impactanalyse. Hierbij is niet op nationaal niveau gekeken naar de benodigde maatregelen om niet-CO₂-emissies te mitigeren.

²² Deze tabel is afgeleid van Annex 8 Tabel 39 uit de Europese impactanalyse.

Tabel 7 - Schatting van de gemiddelde jaarlijkse kosten in Nederland voor het mitigeren van niet-CO₂-emissies per decennium (miljoen € 2023)²³

Niet-CO ₂ -emissies	2031-2040			2041-2050			2031-2050		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Mitigatie van niet-CO ₂ -emissies	0	28	136	156	164	200	78	96	168
Waarvan in de landbouw	0	19	92	106	112	136	58	66	114

In de periode 2031-2040 variëren de mitigatiekosten voor niet-CO₂-emissies aanzienlijk tussen de reductiepaden. Door het ontbreken van gericht beleid zijn de mitigatiekosten in S1 gelijk aan nul. In S2 en S3 worden er wel specifieke natuurgebaseerde mitigatiemaatregelen maatregelen toegepast, wat resulteert in mitigatiekosten van respectievelijk € 28 en € 136 miljoen. In de periode 2041-2050 komen de mitigatiekosten dicht bij elkaar, variërend van € 156 miljoen in S1 tot € 200 miljoen in S3.

2.5 Effecten van leefstijlveranderingen

Naast de drie kernscenario's berekent de Europese impactanalyse ook de effecten van een alternatief scenario: De LIFE-variant. In dit scenario worden emissiereducties gerealiseerd aan de hand van brede maatschappelijke trends, waarbij consumenten klimaatvriendelijke producten kiezen en efficiënter gebruik maken van energie, materialen en land. Vanwege een duurzamere leefstijl is de energievraag en de vraag naar grondstoffen lager dan in de kernscenario's, wat mogelijk leidt tot kostenbesparingen en vermeden investeringen ten opzichte van de drie kernscenario's. Het LIFE-scenario hanteert hetzelfde emissiereductie pad als S3, oftewel een 90% reductie in de uitstoot van broeikasgassen in 2040 ten opzichte van 1990. Het LIFE-scenario is bedoeld ter illustratie van hoe vraaggestuurde beleidsinterventies de in de kernscenario's geanalyseerde inzet van technologie aan de aanbodzijde kunnen aanvullen. De uitgangspunten die ten grondslag liggen aan de LIFE-analyse zijn samengevat in Tabel 8.²⁴

Tabel 8 - Belangrijkste kenmerken van het LIFE-scenario²⁵

Sector	Actie	Aannames
Industrie	Verbeterd herstel, hergebruik, vernieuwing en recycling.	Verlaging industriële activiteit*: staal (-15%), aluminium (-20%), papier (-20%), cement & klinker (-25%), petrochemie (-15%); verlenging productlevensduur.
Gebouwen	Optimalisatie van energie-verbruik	Binnentemperatuur-instelling lager in de winter en hoger in de zomer: -0,5 °C in 2030, -1 °C in 2035, -1,5 °C vanaf 2040.
Vervoer en mobiliteit	Verschuiving naar gedeelde mobiliteit en multimodaal vervoer.	Vermindering autovervoer (-5%), verhoging bezettingsgraad auto (1,65 in 2040, 1,75 in 2050), toename spoorvervoer (+4% tot +8%), afname luchtvervoer (-10% in 2040, -14% in 2050).
Landsector	Duurzaam dieet, vermindering voedselverspilling.	Vermindering voedselverspilling (-11 Mton), verschuiving naar gezonder dieet** (25% in 2040), naleving Farm to Fork en Biodiversiteitsstrategie.

²³ Deze tabel is vertaald naar de Nederlandse situatie aan de hand van Annex 8 Tabel 39 uit de Europese impactanalyse.

²⁴ Meer informatie over de aannames van LIFE zijn te vinden in Annex 6 hoofdstuk 3.1.5 van de Europese impactanalyse.

²⁵ Deze tabel is afgeleid uit Annex 6 Tabel 3 van de Europese impactanalyse.

- * Reducties worden lineair geïmplementeerd van 0% tot de gepresenteerde waarde voor de periode 2030-2050.
- ** Het voedingspatroon verschuift geleidelijk met 25% richting het voorgestelde duurzame en gezonde dieet van de EAT-Lancet Commissie tegen 2040.²⁶

Tabel 9 toont een vergelijking van broeikasgasemissies in 2040 tussen de drie kernscenario's en het LIFE-scenario op Europees niveau. Het verschil in emissies in LIFE vergeleken met S3 komt voort uit een duurzamer voedselsysteem en bijbehorend landgebruik, wat de netto-emissies uit landgebruik en bosbouw met ongeveer 100 Mt CO₂-eq. vermindert. Dit wordt bereikt door een verlaging van de emissies uit de landbouw met circa 60 Mt CO₂-eq. en extra verwijderingen in de sector landgebruik en bosbouw van ongeveer 40 Mt CO₂-eq. in 2040. Hierdoor wordt de noodzaak voor CO₂-afvang en industriële koolstofverwijdering verkleind. Tegelijkertijd dragen een versterkte circulaire economie en duurzamer vervoer bij aan het beperken van de emissies in de energie- en industriële sector, die tussen de niveaus van S2 en S3 liggen.

Tabel 9 - Vergelijking van broeikasgasemissies in 2040 in het LIFE-scenario en de kernscenario's in Europa (negatief getal betekent negatieve emissie)²⁷

EU-2040	S1	S2	S3	S3-LIFE
Netto broeikasgas emissies (MtCO₂-eq)	1.051	578	356	353
Waarvan uit landbouw en landsector & bosbouw (LULUCF)	133	-45	-46	-150
Waarvan uit energie en industrie ²⁸	918	593	402	503
Koolstofverwijderingen	-222	-365	-391	-387
Waarvan industriële verwijderingen	-4	-49	-75	-27
Waarvan netto verwijderingen uit LULUCF	-218	-316	-317	-360

Doorvertaling naar Nederland

Tabel 9Tabel 10 - Belangrijkste verschillen in jaarlijkse investeringen en kosten tussen S3 en LIFE toont de belangrijkste verschillen tussen S3 en het LIFE-scenario op basis van de resultaten die in dit hoofdstuk zijn gepresenteerd. Voor de gehele periode 2031-2050 wordt de investeringsbehoefte in het LIFE-scenario geschat op € 56,6 miljard per jaar, een besparing van circa € 5 miljard (8%) ten opzichte van S3. Aan de aanbodzijde van het energiesysteem wordt de besparing geschat op € 1,9 miljard per jaar, wat voortkomt uit een lagere economie-brede energievraag. De vermeden investeringen gelden zowel voor het energienetwerk als energie-installaties.

Aan de vraagzijde van het energiesysteem wordt de investeringsbehoefte in het LIFE-scenario geschat op € 42,5 miljard per jaar. Dit is een besparing van € 3,3 miljard per jaar (7%) ten opzichte van S3. Deze besparing is hoofdzakelijk toe te schrijven aan de transportsector. In het LIFE-scenario zijn er minder voertuigen nodig wat leidt tot verminderde aanschaf van elektrische voertuigen. In het LIFE-scenario zijn wel meer investeringen in spoorwegen nodig, wat een deel van de besparing teniet doet. In relatieve termen zijn de besparingen het grootst in de industrie (14%), wat voortkomt uit een verlaging van industriële

²⁶ (Willett et al., 2019). Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. The Lancet, 393(10170), 447-492.

²⁷ Deze tabel is afgeleid van Tabel 9 uit de Europese impactanalyse.

²⁸ Netto broeikasgasemissies uit energie en industrie zijn in S3-LIFE hoger dan in S3 vanwege verminderde (noodzaak tot) koolstofopvang.

activiteit. In de gebouwde omgeving zorgen besparingen voor vermeden investeringen in de aanbodzijde van het energiesysteem, en niet zozeer tot vermeden investeringen in isolatie, etc.

Tabel 10 - Belangrijkste verschillen in jaarlijkse investeringen en kosten tussen S3 en LIFE (€ miljard 2023)

	S3	S3-LIFE	Vershil	%
Investeringsbehoefte energiesysteem	61,7	56,6	5,1	-8.3%
Aanbodzijde	15,9	14,0	1,9	-11.9%
Vraagzijde	45,8	42,5	3,3	-7.2%
Kosten energiesysteem	127,5	122,9	4,6	-3,6%

De totale kosten van het energiesysteem zijn in het LIFE-scenario 3,6% lager dan in S3. De kostenbesparingen zijn het grootst in de industrie en in de transport, vanwege lagere investeringsbehoeften (en daarmee lagere kapitaallasten) in deze sectoren. In alle sectoren leidt het LIFE-scenario tot lagere energiekosten, met name in de periode 2041-2050.

In de LIFE-variant worden beperkte effecten in de landbouwsector verwacht, met een daling van de inkomsten met 5,4% in 2040. Deze daling is vooral te zien in de vleesproductie. Daar staat tegenover dat het vrijgekomen land kansen biedt voor extra bosbeheer en alternatieve inkomstenbronnen, zoals koolstoflandbouw en betalingen voor ecosystemendiensten, die de negatieve effecten deels kunnen compenseren en ook bijdragen aan verhoogde biodiversiteit.

2.6 Conclusie

Dit hoofdstuk brengt de investeringen en kosten van de transitie naar klimaatneutraliteit in 2050 in kaart. Aan de hand van de resultaten van de Europese impactanalyse zijn de investeringsbehoefte in het energiesysteem, energiesysteemkosten, koolstofverwijderingskosten en mitigatiekosten vertaald naar Nederland. De doorvertaling geldt als indicatie en houdt geen rekening met nationaal klimaatbeleid.

Additionele investeringen in het energiesysteem in Nederland over de periode 2031-2050 bedragen circa € 11,5 miljard per jaar aan de aanbodzijde en circa € 15 miljard per jaar aan de vraagzijde, ten opzichte van de periode 2011-2020. De transportsector vraagt de meeste investeringen, vooral in elektrische voertuigen. In de residentiële en dienstensector ligt de focus op investeringen in isolatie om de energievraag te beperken en nieuwe, klimaatneutrale verwarmingstechnieken, terwijl in de industrie vooral verduurzaming van energie-intensieve sectoren centraal staat. De investeringen zullen naar verwachting als aandeel van het BBP toenemen van 4,5% in de periode 2011-2020 tot 6,1% in 2031-2050.

De jaarlijkse energiesysteemkosten in Nederland blijven redelijk stabiel tussen 2031-2050, met kosten die variëren van € 123-129 miljard per jaar ten opzichte van € 109 miljard in de periode 2021-2030. De toename in kosten ten opzichte van de periode 2021-2030 komt grotendeels voort uit hogere kapitaallasten als gevolg van de toegenomen investeringsbehoefte, en in mindere mate door hogere energiekosten. In S3 leidt de decarbonisatie van het energiesysteem zelfs tot lagere energiekosten in de residentiële- en transportsector. Vanwege een verwachte toename in het BBP blijven de energiesysteemkosten als percentage van het BBP constant ten opzichte van de periode 2021-2030 op circa 12%.

Negatieve emissies in de vorm van koolstofverwijdering maken deel uit van de emissie-reductiepaden, ter compensatie van restemissies. De sector landgebruik en bosbouw speelt hierbij een belangrijke rol. In S2 en S3 vindt er tot 2040 aanzienlijk meer koolstofverwijdering plaats dan in S1, wat op Europees niveau leidt tot € 1,4 miljard hogere kosten per jaar. Ook in de periode 2041-2050 zijn de kosten in S2 en S3 hoger dan in S1, omdat ook in deze jaren hogere emissiereductiepercentages worden gerealiseerd. Nederland neemt een bijzondere positie in de sector landgebruik en bosbouw, waardoor een doorvertaling van de koolstofverwijderingskosten naar Nederland niet mogelijk is. De kosten voor het mitigeren van niet-CO₂-emissies, zoals methaan, lachgas en F-gassen, variëren tussen de € 78 miljoen (S1) en € 168 miljoen (S3) per jaar over de periode 2031-2050. Deze kosten komen voor het overgrote deel ten laste van de landbouwsector.

Tot slot toont het LIFE-scenario aan dat brede maatschappelijke veranderingen, zoals duurzamere consumptiepatronen, efficiënter gebruik van energie en grondstoffen, en een versnelde realisatie van de circulaire economie, kunnen leiden tot kostenbesparingen in het energiesysteem ter hoogte van € 4,6 miljard per jaar. Ook worden in het LIFE-scenario per jaar € 5 miljard lagere benodigde investeringen in het energiesysteem verwacht. LIFE illustreert hoe vraaggestuurde beleidsmaatregelen de technologische maatregelen kunnen aanvullen.

3 Macro-economische effecten

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staan de macro-economische effecten centraal. Eerst bespreken we het macro-economisch beeld dat volgt uit die doorrekening van E3ME-model voor Nederland. Vervolgens gaan we nader in op de effecten op de handelsbalans. Tenslotte gaan we in op de structuurveranderingen in de Nederlandse economie die zullen manifesteren onder het ingezette Nederlandse Klimaatplan.

De effecten worden conform de opzet van de IA van de Europese Commissie gepresenteerd voor de drie onderscheiden reductiescenario's. We zetten de effecten af ten opzichte van het jaar 2023 en 2030. Daarnaast vergelijken we S1 en S3 met S2, dat als een referentie-scenario kan worden gezien²⁹.

3.2 Hoofdindicatoren

De belangrijkste resultaten uit het macro-economisch model zijn zichtbaar in Tabel 11, voor zowel 2030, 2040 als 2050.

Tabel 11 - Overzicht resultaten E3ME voor macro-economische indicatoren

Macro-economische indicatoren	2023	2030	2040			2050		
			S1	S2	S3	S1	S2	S3
	Mld Euro ₂₀₁₅		Index (2023=100)					
BBP	827	899	119.5	119.7	119.9	138.2	138	138
Overheidsuitgaven	212	226	118.5	118.5	118.5	138.8	138.8	138.8
Consumentenbestedingen	338	366	119.1	119.2	119.3	139.6	139.5	139.4
Investeringsbehoefte	233	253	120.8	122.2	123.6	138.3	137.8	137.8
Imports	646	705	120.5	120.9	121.4	142.3	142.3	142.3
Exports	744	808	118.9	119.1	119.2	139.1	139.1	139.1

BBP-ontwikkelingen

Het BBP is het bruto binnenlands product en geeft het totaal van de primaire inkomens weer dat in een land wordt verdiend. Het wordt verkregen door alle finale bestedingen bij elkaar op te tellen.³⁰

De reële BBP-groei in alle scenario's is gematigd en wordt voornamelijk gedreven door consumptieve bestedingen en investeringen in de komende decennia. De verwachting is dat onder verschillende reductiescenario's, S1, S2 en S3, het Nederlands BBP met zo'n 20% zal toenemen in 2040, en ongeveer 40% in 2050. Dit komt overeen met een reële groei van respectievelijk 1,1 en 1,2% per jaar. De onderlinge verschillen tussen de scenario's is in termen van BBP-groei zeer bescheiden.

²⁹ Aangezien LIFE vooral is gebruikt in de Europese impactanalyse om besparingen op investeringen, energiekosten en emissies te laten zien niet economisch is doorgerekend, blijft LIFE in dit hoofdstuk buiten beschouwing.

³⁰ BBP = finale vraag = consumptieve uitgaven + investeringen + overheidsuitgaven + export - import

We concluderen daarom dat over het algemeen slechts zeer beperkte productiviteits-effecten kunnen voordoen door een strikter reductiepad voor CO₂ in 2040 te kiezen ten opzichte van een lineair pad tussen 2030 en 2050. Of met andere woorden: het BBP neemt nauwelijks af (toe) door een iets sneller (langzamer) reductietempo tussen 2030-2050.

Ontwikkelingen investeringen en besteding

In alle scenario's is er sprake van een lichte toename van investeringen en consumptieve bestedingen, die het BBP stimuleren, voornamelijk op de lange termijn (na 2030). De investeringen zijn iets hoger in S2 en S3 vergeleken met S1, maar het grootste deel van de investeringen vindt plaats vóór 2030, met name investeringen in de opwekking van hernieuwbare energie en kernenergie. Verlies van investeringen door verminderde vraag naar fossiele brandstoffen wordt meer dan gecompenseerd door hogere investeringen in andere sectoren door efficiëntie-investeringen, zoals in woningbouw (isolatie) en industrie (energiebesparing). Om deze investeringen te realiseren, wordt beleid ingezet zowel vanuit de EU (EU ETS, Eco-design, CO₂-normering voertuigen, REDIII) als beleid dat expliciet onderdeel is van de beleidsagenda uit het Nederlandse klimaatplan (zie Hoofdstuk 5 voor een nadere analyse hiervan).

De consumptiebestedingen tussen 2023-2050 zullen gelijke tred houden met de ontwikkeling van het BBP. Consumptiebestedingen nemen toe met circa 20% in 2040 en 40% in 2050, een toename van respectievelijk 1,0 en 1,2% per jaar. De ontwikkelingen in de consumptieve bestedingen van huishouding is een mix van verschillende onderliggende factoren die positief en negatief uitpakken. In de beoogde energietransitie zal enerzijds een groter beslag worden gelegd op beschikbaar privévermogen en zullen noodzakelijke uitgaven om huizen te verduurzamen en over te stappen op elektrische auto's ten kosten gaan van koopkracht van huishoudens. Anderzijds zullen consumptieve bestedingen positief beïnvloed worden door verminderde uitgaven aan fossiele brandstoffen (aardgas, benzine en diesel). Ook hebben de reductiescenario's invloed op de werkgelegenheid en dus op het besteedbaar inkomen van huishoudens. De reductiescenario's kunnen op de huizenmarkt leiden tot een negatief effect op de financiën van huishoudens op de korte termijn. Op basis van de modelberekening verwachten we dat de financiële effecten op langere termijn verruimen en de lagere energiekosten resteren als de investeringen zijn afgeschreven.

Tenslotte zal er ook een inflatoir effect optreden (stijging van de inflatie) als gevolg van de doorberekening van de ETS-prijs op geconsumeerde energieproducten en koolstof-intensieve consumptie. In de modelruns is verder aangenomen dat de opbrengsten van het veilen van EU-emissierechten (die voor een groot deel beschikbaar zijn voor Nederland) teruggegeven worden in de vorm van verlaging van winst- en arbeidsbelastingen op nationaal niveau. Dit zou een positief effect hebben op de besteedbare inkomens van huishoudens.

Handelsbalans

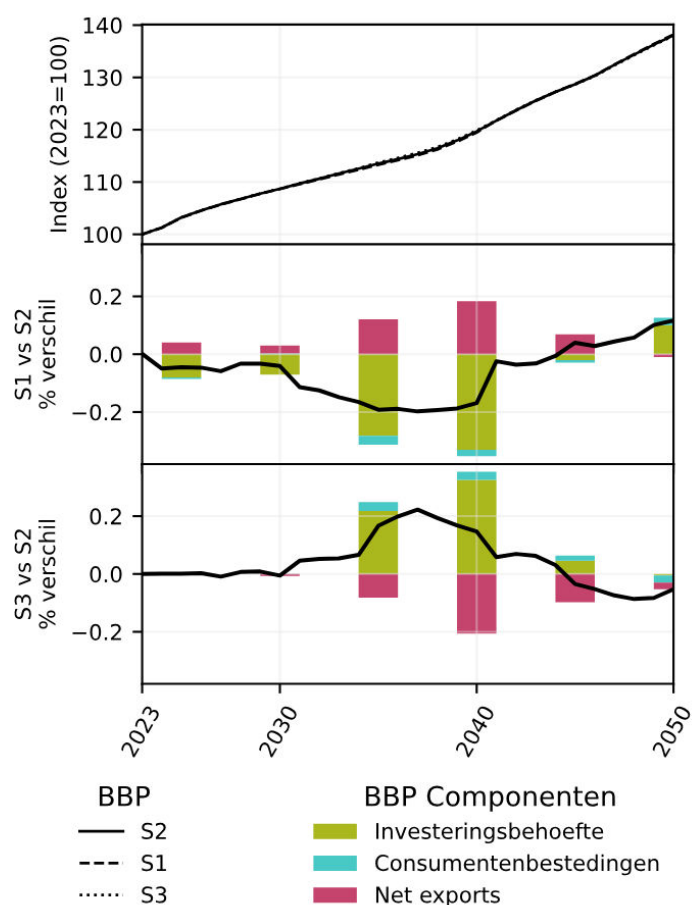
De resultaten uit de modelanalyses laten zien dat bij deze aannames op de lange termijn sprake is van een algemene verslechtering van de netto handelsbalans. Onder de drie scenario's neemt import sneller toe dan export. Dit wordt veroorzaakt door de toenemende vraag naar apparatuur, grondstoffen en materialen om de transitie in het energiesysteem te ondersteunen. Hiervoor zijn veel grondstoffen en materialen niet direct leverbaar vanuit Europese grondstofvoorraden. Onderdelen in het nieuwe energiesysteem zullen moeten worden geïmporteerd, hetzij als primaire grondstof, grondstofcomponent, materiaal of in uiterst geval als industrieel eindproduct (in oplopende importwaarde).

Vergelijking met S2

In Figuur 3 schetsen we de ontwikkeling van het BBP in de tijd en gaan we in op de opbouw in investeringen, consumptieve bestedingen en netto-importen. We zien een geleidelijke toename van het BBP in S2, waarbij de jaarlijkse groei voor de periode 2023-2050 uitkomt op circa 1,2 % per jaar. In vergelijking met S2 zijn de langetermijneffecten op het Nederlandse BBP licht positief in S1 en licht negatief in S3, wat de hiervoor beschreven uitgavemechanismen weerspiegelt. Om het striktere emissiereductie pad in S3 te behalen zijn er voor 2040 relatief meer investeringen nodig en deze zullen later terugverdiend moeten worden, leidend tot relatief hogere prijzen na 2040. In S1 zijn de investeringen relatief meer uitgesmeerd over een langere periode. Daarnaast is de handelsbalans in S3 ten opzichte van S2 negatief door een grotere waterstof import afhankelijkheid rond 2040. Daarbij zien we een stevige ‘investeringsgolf’ ontstaan in de periode tussen 2030 en 2040 als gevolg van de versnelde en vrij massieve ‘ombouw’ van het energiesysteem dat zich in iets meer dan een decennium zich zal moeten voltrekken. Het opschalen van deze transitie zal een sterke versnelling van investeringen vragen.

De effecten op het BBP tussen de drie scenario's blijven *gedurende de gehele modelperiode* onder de 1% (gemeten over de gehele periode).

Figuur 3 - Effecten op reëel BBP en onderliggende componenten investeringen, consumentenbestedingen en netto-exporten



Noot: Alle monetaire eenheden zijn uitgedrukt in 2015 euro's. De verschillen in het eerste paneel tussen S1, S2 en S3 zijn minimaal.

3.3 Effecten concurrentievermogen

Verdergaand klimaatbeleid in de EU en Nederland kan leiden tot een impact op concurrentiepositie met handelspartners. In Hoofdstuk 1 hebben we stil gestaan bij een belangrijke afbakening van de analyse, te weten de aanname dat de *rest van de wereld* hun toegezegde bijdrage in het Parijs-akkoord nakomen. Europa loopt daarmee met het klimaatbeleid weliswaar voor op de rest van de wereld, maar de rest van de wereld zal zeker geen ‘pollution haven’ zijn in termen van afwezig klimaatbeleid.

In deze paragraaf gaan we eerst in op de uitkomsten van de modeldoorrekening. Vervolgens plaatsen we deze uitkomsten in het licht van internationale literatuur over koolstoflekage.

De forse investeringen in het energiesysteem zorgen voor een toename van energiesysteemkosten voor consumenten en bedrijven (zie Paragraaf 2.3). De energiesysteemkosten over de gehele periode 2031-2050 zijn ongeveer 40% hoger dan in de periode 2011-2020.

Kostenstijgingen werken door in de kostprijs van producten, wat de internationale concurrentiepositie van bedrijven kan beïnvloeden. De toename van de energiesysteemkosten is echter volledig in lijn met de toename van het BBP. Over de gehele periode 2031-2050 blijven de energiesysteemkosten als percentage van het BBP daarmee constant.

Op sectorniveau kan het klimaatplan echter zeker van grote invloed zijn op het concurrentievermogen van bedrijven. Een verschuiving van CO₂-intensieve naar schone sectoren vergt aanpassingen aan de economiestructuur. Daarbij zien we dat er ook nieuwe sectoren zullen groeien, waardoor een verschuiving van economische activiteit binnen Nederland van CO₂-intensieve naar ‘schone’ sectoren zal optreden. Dit is ook de reden dat we geen negatieve effecten op werkgelegenheid verwachten.

De beoogde energietransitie (in de vorm van verschillende reductiesnelheden van de scenario's S1, S2 en S3) zetten belangrijke structurele verandering in de economie in gang. Doordat we de verschillen in eerste instantie vanaf 2023 in kaart brengen (en niet een scenario zonder het Klimaatplan onderscheiden), komen deze structurele veranderingen in zijn volledigheid in beeld. De effecten zijn gunstig voor nieuwe, deels innovatieve sectoren die de motor vormen voor de energietransitie. Dit betreft nieuwe energie-infrastructuur, de opbouw van een hernieuwbaar-energiesysteem, een waterstofeconomie, en een circulaire koolstofketen (plastics en CO₂-vrije brandstoffen). Voor fossiele sectoren (traditionele raffinaderijen, chemie en staalproductie) zal de vraag afnemen en betekent dit dat deze sectoren hun productieproces zullen moeten verduurzamen.

De winnaars en verliezers hebben, als gevolg van verschillende kapitaal- en arbeidsintensiteiten, verschillende effecten op de Nederlandse economie. Tabel 12 geeft een overzicht van de import en export in goederen en diensten per sector in Nederland. We lichten een aantal sectoren verder toe. Allereerst is te zien dat de olieraffinagesector in Nederlandse havengebieden aanzienlijke economische activiteit verliest. Dit kan echter deels worden vervangen door de productie van alternatieve brandstoffen (groene methanol, groene waterstof, groene ammoniak, e-brandstoffen, biobrandstoffen, etc.), afhankelijk van de mate waarin nieuwe productiefaciliteiten door Nederland kunnen worden aangetrokken. Ten tweede, laat de modeldoorrekening zien dat de import van elektrische apparatuur en onderdelen als gevolg van de energietransitie flink toeneemt. Dit heeft negatieve gevolgen voor de handelsbalans. Ook neemt de import van waterstof significant toe tegen 2050. Tot slot kunnen andere fossiele energie-intensieve sectoren, zoals de staalproductie in IJmuiden, worden getroffen, aangezien de staalindustrie een lastig te verduurzamen sector is.

Tabel 12 - Overzicht van de handel in goederen en diensten per Nederlandse sector³¹

Handel in goederen en diensten	2023	2030	2040			2050		
			S1	S2	S3	S1	S2	S3
	Miljard Euro (2015)		Index (2023=100)					
Totale importwaarde	646	705	120.5	120.9	121.4	142.3	142.3	142.3
Fossiele brandstoffen	57.8	46.0	46.0	45.30	45.0	35.4	35.4	35.4
waarvan voor energie doeleinden	33.7	20.0	18.2	17.92	17.9	10.6	10.6	10.6
waarvan voor niet-energie doeleinden	24.0	26.0	85.0	83.72	83.1	70.1	70.2	70.3
Waterstof en afgeleiden ³²	>0.1	>0.1	0.9*	1.10*	1.4*	11.6*	11.6*	11.6*
Elektrische apparatuur en onderdelen	38.9	44.8	192.0	193.24	194.4	254.1	253.8	253.6
Metalen goederen	37.2	52.8	133.0	133.25	133.5	172.3	172.2	172.1
Dienstverlening	117.1	128.4	133.2	133.86	134.5	153.4	153.5	153.5
Rest	337.3	386.9	192.0	193.24	194.4	254.1	253.8	253.6
Totale exportwaarde	744.0	808.0	118.9	119.10	119.2	139.1	139.1	139.1
Fossiele brandstoffen	36.3	35.5	80.5	79.08	68.0	67.9	66.7	66.4
Elektrische apparatuur en onderdelen	25.0	19.3	47.8	48.12	38.3	29.7	29.7	29.7
Metalen goederen	39.2	55.3	197.5	198.06	182.6	257.8	257.7	257.6
Dienstverlening	121.5	132.2	140.3	140.37	186.5	202.9	202.9	202.8
Rest	522.0	565.7	114.1	114.40	106.2	125.5	125.6	125.7

* Vanwege de geringe import van waterstof en afgeleiden voor energie doeleinden, zijn de cijfers voor 2040 en 2050 uitgedrukt in absolute handelsvolumes (€ miljard 2015).

Literatuurstudie: Over verschillen in internationaal klimaatbeleid

De hier gepresenteerde modeluitkomsten zijn in lijn met de algemene literatuur over koolstoflekage (carbon leakage). Literatuur op basis van andere modeluitkomsten suggereert dat de macro-economische effecten zich beperken tot de energie-intensieve sectoren: een reductie van uitstoot met 20% leidt tot een verlies aan activiteit met 5% en aan export met 7%, maar nauwelijks tot welvaartseffecten op nationaal niveau (Carbone & Rivers, 2017). Model-exercities voorspellen dat de sectoreffecten van verschillend beleid (zoals het ETS, maar ook van bijvoorbeeld CO₂-belastingen) significant kunnen zijn, maar dat de productie en werkgelegenheidseffecten op macroniveau over het algemeen gering zijn. Het blijft desalniettemin van belang om klimaatbeleid te coördineren met andere regio's (rest van de wereld).

Tot 2050³³ kan de prijs van uitstoot tussen landen verschillen, zowel als gevolg van een strikter klimaatbeleid als eventuele nationale beprijzing van CO₂-uitstoot (nog geen besluit). Het beeld uit studies die fragmentatie van internationaal klimaatbeleid beschouwen is gemixt. Er is veel discussie in de literatuur over het risico dat er economische activiteit weglekt als Europa en daarbinnen Nederland een tandje hoger schakelt en hogere CO₂-prijzen in rekening brengt dan de rest van de wereld.

³¹ Het E3ME-model maakt niet inzichtelijk met welke landen import en export toe/afneemt.

³² Import van waterstof en afgeleiden beschrijft uitsluitend de import voor energiedoeleinden. De niet-energie doeleinden equivalent (voor bijvoorbeeld kunstmest productie) zit in de chemische industrie die hier niet expliciet is weergegeven.

³³ En mogelijk ook daarna, maar dat is geen onderdeel van de analyseperiode.

Een eenzijdige kostprijsverhoging voor CO₂-emissies - zonder correctie van een CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism)-regime - kan zich vertalen in concurrentienadelen. Deze concurrentienadelen zullen zich vooral manifesteren in een verlies aan marktaandeel ten opzichte van buitenlandse aanbieders. Hoe groot het verlies aan marktaandeel is, hangt mede af van een aantal factoren zoals de producthomogeniteit, transportkosten en overig beleid (importtarieven en -quota). Op voorhand zijn hier dus geen eenduidige conclusies over te trekken.

Nadelige effecten kunnen in het bijzonder gelden voor industriële productie waarbij energie-intensieve producten homogeen van karakter zijn en sterk op prijs concurreren. Voorbeelden zijn kunstmest, staal, aluminium, chemische basisproducten, en (groene) waterstof. Daarbij merken we op dat vanaf 2026³⁴ de EU een CO₂-prijs zal hanteren voor de EU-import van deze koolstof-intensieve producten. Dit CBAM-regime zal import van deze producten even zwaar belasten als de EU-productie onder EU-emissiehandel. De effecten van een CBAM zijn echter niet eenduidig: hoewel ze kunnen helpen om economische activiteit binnen de grenzen te houden (Kiss-Dobronyi & Fazekas, 2019), kunnen ze ook een inflatoir-effect hebben, aangezien de prijzen van koolstof-intensieve goederen waarschijnlijk zullen stijgen (Olijslagers et al., 2024) waardoor de koopkracht van consumenten beperkt kan worden. Tevens biedt CBAM alleen uitkomst voor de inzet om de CO₂-uitstoot bij de productie van bepaalde goederen buiten de EU aan de grens te corrigeren op basis van de EU-ETS-prijs. De prijscorrectie van CBAM is gekoppeld aan het ETS. CBAM corrigeert alleen aan de EU-buitengrens als de kosten voor CO₂-emissies lager zijn. Er vindt geen correctie plaats van andersoortige kostenverschillen, zoals energiebelastingen (fossiele subsidies en tarieven) en normeringen op RFNBO's.

Anderen waarschuwen dat een *te lage* uitstootprijs (bijvoorbeeld door een fossiele subsidie of een CO₂ -prijs) voor andere sectoren de transitie duurder maakt (zie bijvoorbeeld (Gerlagh et al., 2024)). Deze sectoren zullen immers de achterblijvende uitstootreductie moeten compenseren. Tevens kunnen er positieve effecten zijn van terugkoppelingen op innovatie. In de optiek van Porter en van der Linde kan aanvullend unilateraal milieubeleid juist tot kostenvoordelen leiden voor bedrijven. Zo stelt de EU IA dat vroegtijdige inzet van koolstofarme technologieën de EU een first-mover voordeel zal geven, waarbij de innovatiekracht positief wordt beïnvloed (EC, 2024a).

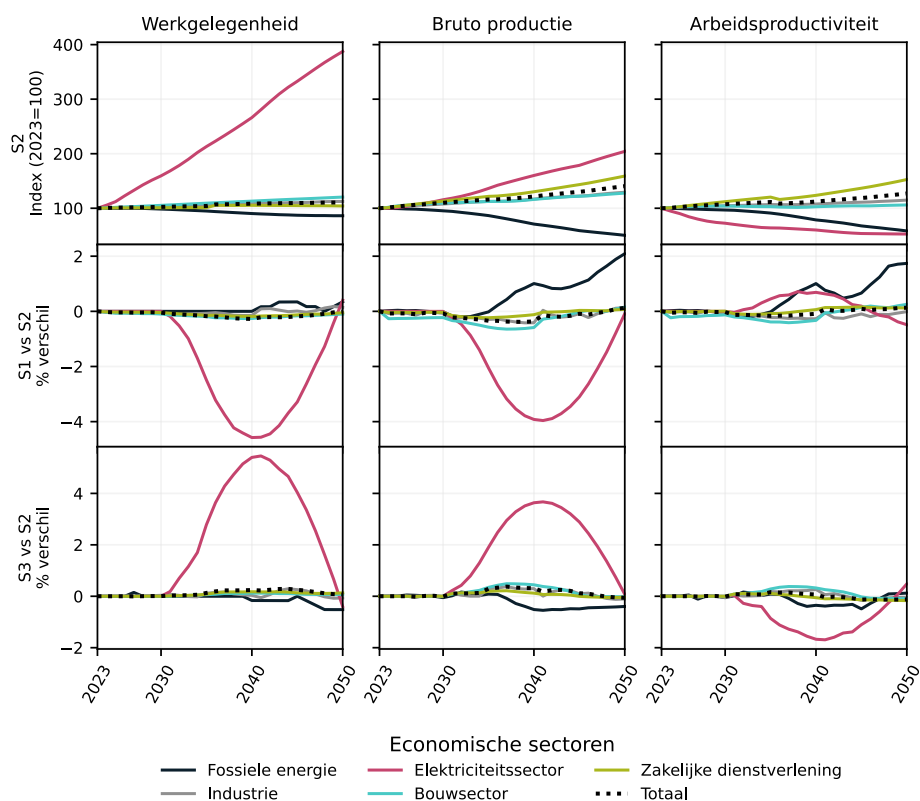
Als gevolg van grote internationale tempoverschillen in klimaatbeleid van landen kunnen Nederlandse sectoren alsnog mogelijke productie verliezen. Dit betreft dan sectoren die internationaal gezien blootstaan aan hoog *risico* op koolstoflekkage, zoals cement, meststoffen (ammoniakproductie), ijzer en staal, olieraffinage, aluminium, waterstof, etc. Zoals gezegd betreft het een risico, en is er uit de literatuur geen eenduidige conclusie mogelijk of en in welke mate deze effecten daadwerkelijk optreden. Voor zover deze verschillen zich uiten in verschillende CO₂-prijzen, zal een deel van de effecten gemitigeerd worden voor sectoren die onder CBAM vallen.

3.4 Gevolgen voor sectoren en economische structuur

Figuur 4 geeft de *overall* verandering in werkgelegenheid, bruto productie en arbeidsproductiviteit voor de verschillende economische sectoren in de drie scenario's (S1, S2 en S3) in de periode 2023-2050 weer.

³⁴ CBAM zal geleidelijk voorbereid en ingevoerd worden in de periode 2023-2025.

Figuur 4 - Effecten op de werkgelegenheid, bruto productie, en de arbeidsproductiviteit voor geselecteerde sectoren



Noot: Arbeidsproductiviteit is de bruto productie per werknemer.

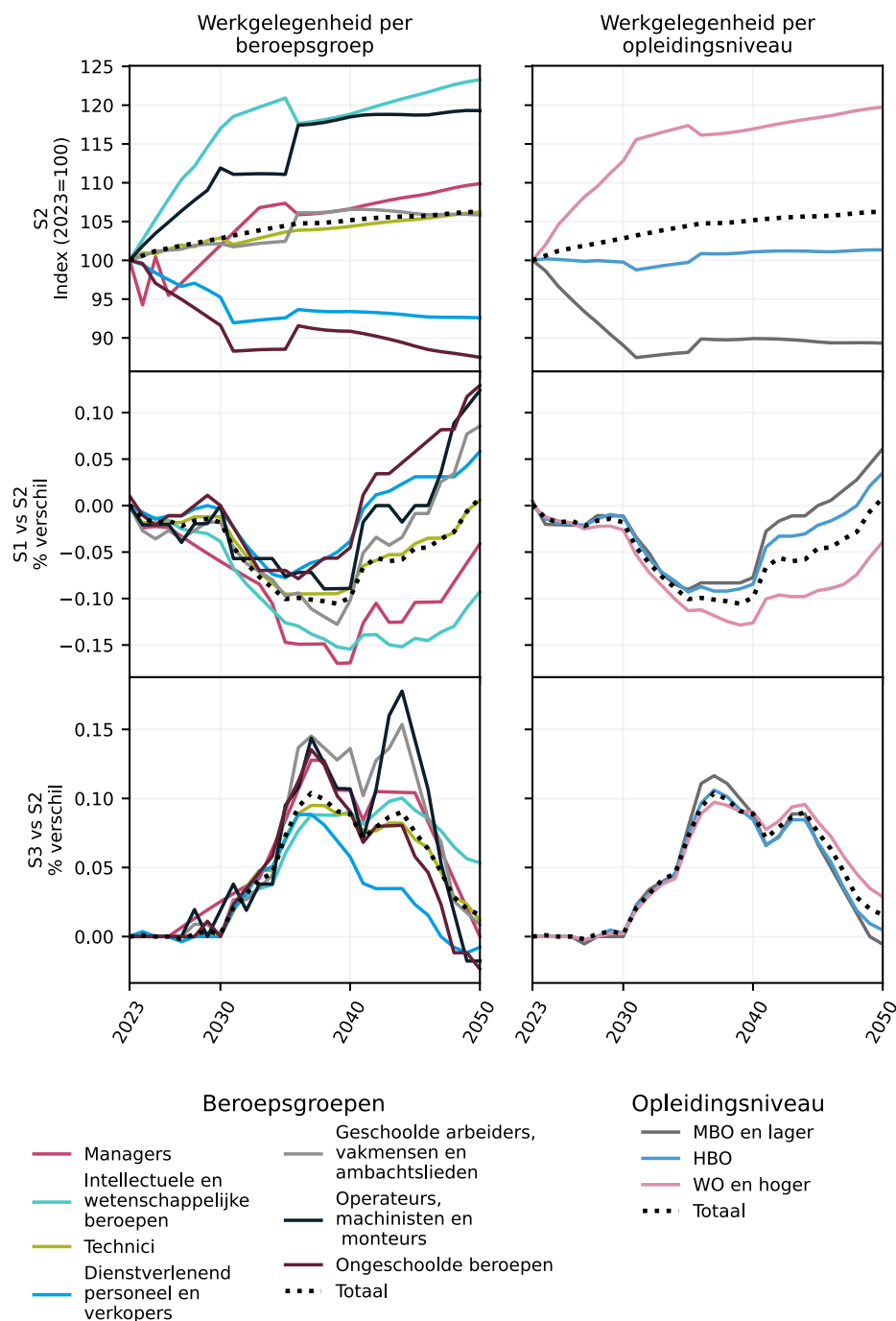
In S2 zien we een geleidelijke toename van de totale werkgelegenheid in de periode 2023-2050. Dit komt met name door de sterke toename van de werkgelegenheid in de elektriciteitssector. Zo zullen er meer arbeidskrachten nodig zijn om extra windparken en zonnepanelen aan te leggen en te onderhouden. Bij bijna alle andere sectoren is er sprake van een lichte stijging. De werkgelegenheid in de fossiele industrie neemt af, in lijn met de uitfasering van CO₂-emissies. Wel zal een deel van de olieraffinaderijen operationeel blijven om aan de vraag naar olieproducten voor niet-energie doeleinden te voldoen. De totale werkgelegenheid stijgt, in alle scenario's, licht met 6% tussen 2023 en 2050. De figuur laat eveneens zien dat er in S1 minder werkgelegenheid wordt gegenereerd dan in S2. Dit komt doordat S1 een minder ambitieuze doelstelling heeft dan S2 en dus minder investeringen en groei uitlokt. In S3 neemt de werkgelegenheid meer toe ten opzichte van S2. Dit is het gevolg van het strengere en snellere groeipad onder S3 door een ambitieuzere invulling van het beleid.

Naast de elektriciteitssector zullen ook de zakelijke dienstverlening en in mindere mate de bouwsector een groei ondervinden in de bruto productie in de periode tot 2050. Bij de fossiele energie neemt de bruto productie af als gevolg van het gevoerde klimaatbeleid. Ook de arbeidsproductiviteit groeit geleidelijk in de periode 2023-2050, waarbij er tevens verschillen optreden per sector.

Beroepsgroepen en opleidingsniveaus

Figuur 5 geeft inzicht in de ontwikkeling van de werkgelegenheid per beroepsgroep en per opleidingsniveau weer.

Figuur 5 - Ontwikkeling van de werkgelegenheid per beroepsgroep en opleidingsniveau



De benodigde arbeidsvraag is vooral gericht op technici, onderzoekers en operators en monteurs. Er zijn met name technische opleidingen nodig om in deze vraag te voldoen. De grootste vraag is naar werknemers op mbo-niveau, veelal voor de aanleg- en onderhoudsfase van de verschillende technieken (CE Delft, 2023a). De jaarlijkse instroom van arbeidsaanbod bestaat uit opleidingen, zijinstroom (om- en bijscholing) en arbeidsmigratie. De instroom vanuit opleidingen zal naar verwachting de komende jaren beperkt toenemen, doordat het aantal jongeren dat de arbeidsmarkt instroomt lager is dan de afgelopen jaren (vergrijzing). Het aantal zijinstromers beweegt vooral mee met de economische conjunctuur.³⁵ Voor de toename van het arbeidsaanbod blijft daarom de instroom vanuit het buitenland (arbeidsmigratie) relevant (CE Delft, 2023a).

Gezien de veranderingen in sectorale werkgelegenheid in de gehele periode, waaruit de werkgelegenheid per beroepsgroep en opleidingsniveau wordt afgeleid, zal de vraag naar banen op mbo-niveau dalen³⁶ (zie Figuur 5, rechtsboven). Dit is een resultaat vanuit de vraagzijde vanuit bedrijven en niet vanuit de aanbodzijde van de beroepsbevolking. Er kan geconcludeerd worden dat de transitie tot meer mbo-gerelateerde banen zou zorgen, maar dit geldt voor specifieke sectoren (waar de transitie effect heeft) en niet voor de gehele economie.

Klimaatplan en breder effecten arbeidsmarkt

De huidige krapte op de arbeidsmarkt en de toenemende vergrijzing van de beroepsbevolking zorgen voor tekorten op de arbeidsmarkt. Dit kan een spelbreker zijn voor het op tijd realiseren van de energietransitie. De benodigde arbeidsvraag is met name gericht op technici, onderzoekers en operators en monteurs (zie Figuur 5). Er zijn echter verschillende sectoren die een beroep doen op deze groep. Zo geldt er momenteel al een krapte in beroepen bij de verzwaring van het stroomnet, de groei van het aanbod van hernieuwbare stroom, de elektrificatie van vervoer, de wens om van het aardgas af te gaan in de gebouwde omgeving en de waterstoftransitie (CE Delft, 2023a). Dit zorgt ervoor dat de beschikbaarheid van personeel een steeds groter wordend struikelblok wordt. De voortdurende krapte op de arbeidsmarkt heeft gevolgen voor het groeitempo van de energietransitie en kan leiden tot vertraging van investeringen en realisatie. Verhoging van de arbeidsproductiviteit door robotisering, digitalisering en inzet van drones en camera's in onderhoud en maintenance is zeker een reële optie, maar de potentiële arbeidsproductiviteitswinst in deze installatie-gerelateerde beroepen is nog onzeker.

Echter, zowel de techniek- als de energiesector zijn relatief conjunctuurgevoelige sectoren. Zo blijkt dat de huidige stand van de economie leidt tot een hoge vraag, maar historische cijfers laten zien dat in een afkoelende economie de vraag vaak sterker daalt dan in andere sectoren. Toch blijft de krapte op de arbeidsmarkt een belangrijk aandachtspunt, zelfs indien er sprake is van afkoeling van de economie (CE Delft, 2023a).

³⁵ Een zwakke conjunctuur heeft effect op de vraag naar fossiele energie, waardoor personeel uit die sector eventueel beschikbaar komt voor de transitie (bijvoorbeeld waterstof, warmtepompen of zonnepanelen).

³⁶ In de analyse zijn de historische trends gevolgd, waaruit een daling in mbo-studenten te zien is, en impliciete impacts door bijvoorbeeld automatisering.

3.5 Conclusie

In dit hoofdstuk staan de macro-economische gevolgen van emissiereductiescenario gericht op klimaatdoelen voor 2040 centraal.

- De BBP-groei in alle scenario's is gematigd en wordt voornamelijk gedreven door consumptieve bestedingen en investeringen in de komende decennia. De verwachting is dat onder verschillende reductiescenario's S1, S2 en S3 het Nederlands BBP met ongeveer 20% zal groeien in 2040 en met 40% in 2050.
- De economische gevolgen van het volgen van één emissiescenario ten opzichte van een ander (S1, S2 en S3) zullen naar verwachting gering zijn. De onderlinge verschillen tussen de scenario's is in termen van BBP-groei zeer bescheiden. We concluderen daarom dat over het algemeen zeer beperkte effecten kunnen voordoen door een strikter reductiepad voor CO₂ in 2040 te kiezen ten opzichte van een meer lineair pad tussen 2030 en 2050.
- De effecten op de handelsbalans zijn licht negatief en verschillen in sterkere mate tussen een ambitieuzer en een minder ambitieus pad, met name met betrekking tot de afhankelijkheid van handel in kritische materialen en grondstoffen die nodig zijn voor nieuwe energie-infrastructuren en hernieuwbare technieken. De energietransitie zal Nederland, op basis van de huidige economische structuur en zonder aanvullend beleid, afhankelijker maken van het buitenland.
- De reductiepaden leiden tot een verlies aan concurrentiepositie met handelspartners, aangezien Nederland en Europa op een iets sneller en dieper reductiepad zitten. Uit zowel het macro-economisch model en de literatuur blijkt dat dit effect niet moet worden overdreven. Een verschuiving van CO₂-intensieve sectoren naar schone sectoren vergt aanpassingen aan de economiestructuur, maar het effect op de totale werkgelegenheid is waarschijnlijk zeer klein en per saldo positief. Het blijft desalniettemin van belang om klimaatbeleid te coördineren met handelspartners.
- Hogere investeringsniveaus brengen voor de gehele economie positieve werkgelegenheidseffecten met zich mee. Echter, hogere investeringsniveaus impliceren nog steeds een 'kostprijs' voor huishoudens door hogere integrale energiekosten. Hierbij is de vraag op zijn plaats in welke mate de belastingbetaler de maatregelen financiert (bijvoorbeeld bij subsidiëring van meerkosten, denk aan opvolger van SDE++) of de gebruiker dit doet via de energieprijzen (bij directe doorberekening, denk aan ETS). Dat remt, zeker op korte termijn, consumptieve bestedingen. Echter op langere termijn (tot 2050) zijn de effecten positief, met inachtneming van lagere energie- en brandstofkosten voor energie en mobiliteit.
- De effecten op de werkgelegenheid zijn substantiëler en kunnen op sectorniveau uitpakken in de vorm van zowel winnaars als verliezers. Huidige (en toekomstige) tekorten vormen een zeer serieus struikelblok voor realisatiesnelheid.

4 Effecten op brede welvaart

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staan de effecten op brede welvaart centraal. Eerst bespreken we de impact van de scenario's op inkomens en de verdeling van welvaart. Vervolgens laten we de effecten op luchtverontreiniging zien. Deze cijfers kunnen we gebruiken om de impact op zowel gezondheid als biodiversiteit te berekenen. We eindigen dit hoofdstuk met een reflectie op de vraag naar (kritieke) grondstoffen en de vraag naar de impact van niets-doen.

4.2 Effecten op inkomensverdeling

Figuur 6 toont de ontwikkeling van het gemiddelde besteedbare inkomen per inkomenskwintiel.³⁷ Besteedbare inkomens nemen in alle inkomensgroepen gematigd toe over tijd. Inkomens in alle kwintielen stijgen in 2040 gemiddeld met circa 16% en in 2050 met circa 41% ten opzichte van 2023. Inkomensongelijkheid blijft daarmee in relatieve zin constant. In absolute zin (hoeveel euro's het inkomen stijgt) neemt de inkomensongelijkheid wel toe. De ontwikkeling van besteedbare inkomens onder het Klimaatplan is niet afgezet tegen de ontwikkeling zonder het Klimaatplan.

Figuur 6 toont de ontwikkeling van het besteedbaar inkomen per kwintiel in S2, uitgedrukt in 2015 euro's. De twee panelen daaronder geven respectievelijk het verschil tussen S1 en S2, en S2 en S3 weer. Figuur 6 laat zien dat de inkomensverschillen tussen de drie scenario's kleiner zijn dan 0,1%, en geen effect hebben op de inkomensverdeling. Dit betekent dat een 78% reductie (S1) of een 92% reductie (S3) in 2040 amper zorgt voor verschillen in besteedbaar inkomen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de maatregelen uit het Klimaatplan zeer beperkt invloed hebben op de gemiddelde besteedbare inkomens en inkomensverdeling.

De toename van de besteedbare inkomens in de periode 2023-2050 is toe te schrijven aan een gelijkmatige BBP-groei over dezelfde periode. Maatregelen uit het Klimaatplan zorgen voor prijsstijgingen (zoals toenemende kosten voor elektriciteit en transport³⁸) wat het besteedbaar inkomen negatief beïnvloedt. Dit wordt echter meer dan gecompenseerd door BBP-groei, wat besteedbare inkomens doet laten stijgen.

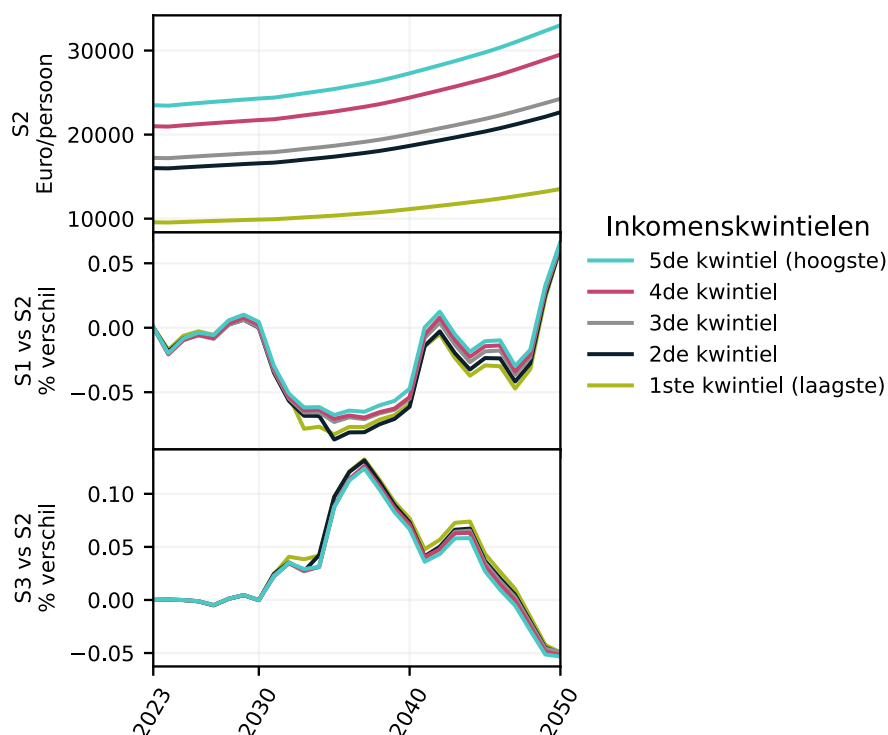
Dat besteedbare inkomens gemiddeld genomen toenemen over tijd, betekent niet dat alle huishoudens in Nederland erop vooruit zullen gaan. Huishoudens die in hun inkomen niet profiteren van de economische groei zijn kwetsbaar voor de prijsstijgingen die het Klimaatplan met zich mee brengt, en zien hun koopkracht afnemen. Kwetsbaar zijn bijvoorbeeld werknemers in sectoren waarin de arbeidsproductiviteit daalt, zoals de fossiele energiesector. Ook niet-werkenden zonder toegang tot de arbeidsmarkt zijn een kwetsbare groep, omdat zij niet profiteren van de economische groei maar wel te maken krijgen met prijsstijgingen.

³⁷ Het besteedbaar inkomen betreft het bruto-inkomen, verminderd met belastingen en gecorrigeerd voor prijsontwikkelingen.

³⁸ De energiesysteemkosten voor huishoudens betreft energiekosten en kapitaalgerelateerde kosten voor woningen (energie, isolatie) en mobiliteit (aanschafwaarde auto's, openbaar vervoer).

Lagere inkomensgroepen geven doorgaans een groter deel van het besteedbaar inkomen uit aan energiesysteemkosten, en hebben minder mogelijkheden om te investeren in energiebesparing als gevolg van afhankelijkheid en/of gebrek aan benodigd kapitaal. Deze huishoudens kunnen daardoor harder geraakt worden door kostenstijgingen, wat ervoor kan zorgen dat meer huishoudens te maken gaan krijgen met energiearmoede. Gerichte beleidsinterventies kunnen ervoor zorgen dat besteedbare inkomens van kwetsbare huishoudens, ondanks prijsstijgingen, niet afnemen over tijd.

Figuur 6 - Reëel besteedbaar inkomen per kwintiel; het bovenste paneel toont de ontwikkeling van het besteedbaar inkomen per kwintiel in S2, uitgedrukt in 2015 euro's; de twee panelen daaronder geven respectievelijk het verschil tussen S1 en S2, en S3 en S2 weer



Effecten op maatschappelijke organisaties

Toenemende prijzen als gevolg van de energietransitie kunnen een aanzienlijke impact hebben op de financiële situatie, en daarmee het voortbestaan van maatschappelijke organisaties. Deze effecten verschillen afhankelijk van het type organisatie. CE Delft deed eerder onderzoek naar de impact van de afschaffing van de 'Teruggaafregeling voor non-profitinstellingen' (CE Delft, 2023b). Uit dit onderzoek blijkt dat organisaties met een hoge energieafhankelijkheid en beperkte financiële reserves, zoals dorps- en buurthuizen en kleine culturele instellingen, het grootste risico lopen op financiële instabiliteit bij stijgende energieprijzen. Ook is er vaak beperkte financiering voor verduurzamingsmaatregelen en kan het lastig zijn om prijsstijgingen door te berekenen in de prijs vanwege vaste budgetten of vaste vergoedingen. Dit geldt bijvoorbeeld voor ziekenhuizen en scholen. Aanvullend beleid zal nodig zijn om kwetsbare maatschappelijke organisaties financieel weerbaar te maken tegen prijsstijgingen als gevolg van het Klimaatplan.

4.3 Effecten op luchtverontreiniging

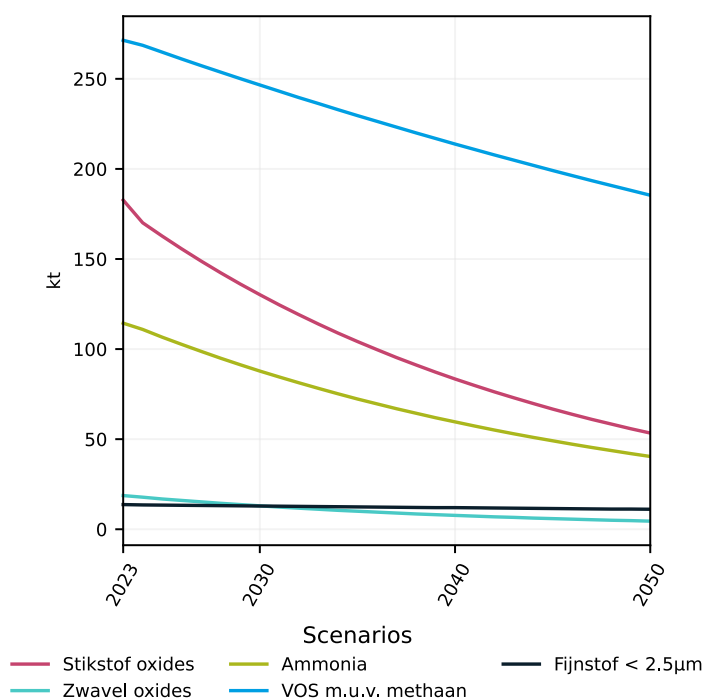
De bronnen van klimaatverandering en luchtverontreiniging komen vaak overeen. Het verbranden van fossiele brandstoffen in sectoren zoals industrie, transport en gebouwde omgeving, veroorzaakt de uitstoot van onder andere koolstofdioxide, stikstofoxiden en fijnstof. Door het gebruik van fossiele energie te verminderen, wordt ook de emissie van luchtverontreinigende stoffen gereduceerd. Klimaatbeleid draagt hierdoor doorgaans ook bij aan een verbetering van de luchtkwaliteit.

In dit hoofdstuk bespreken we eerst de impact van het klimaatplan op luchtverontreiniging. Deze impact is doorgerekend aan de hand van het E3ME-model. In EM3E wordt de luchtverontreiniging berekend aan de hand van vijf belangrijke luchtverontreinigende stoffen, te weten:

- stikstofoxide;
- zwaveloxide;
- ammoniak;
- fijnstof;
- vluchtige Organische Stoffen (VOS) met uitzondering van methaan.

De impact van de drie scenario's op de afname van deze stoffen is vervolgens onderliggend aan de effecten op gezondheid en biodiversiteit. Een lagere luchtverontreiniging hangt namelijk samen met een vermindering van menselijke ziektes en vroegtijdige sterfte die het gevolg zijn van luchtverontreiniging, en verminderde aantasting van ecosystemen. De waardering van de effecten van luchtverontreiniging op menselijke gezondheid en biodiversiteit vindt plaats aan de hand van milieuprijzen.

Figuur 7 - Emissie van luchtverontreinigende stoffen in S2. Emissies in S1 en S3 vertonen nauwelijks waarneembare verschillen ten opzichte van S2



Figuur 7 toont aan dat de emissie van luchtverontreinigende stoffen afneemt onder het Klimaatplan. De figuur laat de ontwikkeling zien onder S2, omdat er tussen de drie scenario's nauwelijks verschillen waarneembaar zijn. De emissie van stikstofoxide, zwaveloxide en ammoniak neemt in 2040 met circa de helft af. De afname van emissies van VOS en fijnstof is wat kleiner en neemt in 2040 met respectievelijk 21 en 12% af.

4.4 Effecten op gezondheid

Luchtverontreiniging heeft een schadelijke invloed op de gezondheid van mensen. Een ongezond binnen- en buitenmilieu veroorzaakt 4,5% van de ziektelast, met luchtverontreiniging als belangrijke oorzaak (RIVM, 2024b). De impact van luchtverontreinigende stoffen zoals stikstof en fijnstof kunnen leiden tot klachten aan de longen, hartziekten en voortijdig overlijden (RIVM, 2024a). Meer dan de helft van de sterfte die wordt veroorzaakt door luchtverontreiniging betreft hart- en vaatziekten (RIVM, 2024a). Deze ziekten leiden tot extra zorgkosten, die afnemen bij verminderde luchtverontreiniging.

In de Europese impactanalyse berekent men de impact van luchtverontreiniging op gezondheid aan de hand van het GAINS-model. Aan de hand van de meest voorkomende luchtverontreinigende stoffen is het aantal sterfgevallen en verloren levensjaren die het gevolg zijn van deze luchtverontreinigende stoffen berekend. Vervolgens zijn de gezondheidskosten van deze sterfgevallen gewaardeerd aan de hand van de value of a statistical life (VSL), en de gezondheidskosten van de verloren levensjaren gewaardeerd aan de hand van de value of a life year (VOLY).³⁹ De gezondheidskosten op basis van de VSL en VOLY gelden respectievelijk als boven- en onderwaarde van de berekening.

Uit de analyse volgt dat, als gevolg van verminderde luchtverontreiniging door klimaatmaatregelen, de kosten van vroegtijdig overlijden veroorzaakt door fijnstof en ozon in 2040 (ten opzichte van 2015) met 55 tot 61% afnemen.⁴⁰ Door verschillen in de concentratie fijnstof en methaan tussen Europese regio's loopt de impact van deze stoffen op gezondheid uiteen tussen lidstaten. De impact van klimaatmaatregelen en de bijbehorende effecten op de gezondheid vereist daarom specifieke informatie voor Nederland. Aangezien het E3ME-model dezelfde luchtverontreinigende stoffen omvat als die zijn opgenomen in de Europese impactanalyse, kunnen we de invloed van verminderde luchtverontreiniging op de gezondheid ook voor Nederland kwantificeren en waarderen. Dit biedt een waardevolle basis om de gezondheidsvoordelen van klimaatbeleid in Nederland beter te begrijpen. In Bijlage B is meer achtergrondinformatie te vinden over zowel de ziekten die met luchtverontreiniging geassocieerd worden, als de resultaten van de Europese Impact Assessment.

Doorvertaling naar Nederland

Aan de hand van het E3ME-model zijn de emissies van luchtverontreinigende stoffen in Nederland voor de periode 2030-2050 berekend (zie Figuur 7). Op basis van deze resultaten is het mogelijk om de gezondheidsschade van luchtverontreinigende stoffen in Nederland te waarderen. Deze waardering vindt plaats aan de hand van milieuprijzen. In het Handboek Milieuprijzen 2023 wordt gezondheidsschade als gevolg van luchtverontreiniging gewaardeerd aan de hand van mortaliteit (acute en chronische voortijdige sterfte) en morbiditeit (ziekten) (CE Delft, 2023c).

³⁹ In de Europese impactanalyse wordt de VSL gewaardeerd op € 4,36 miljoen en de VOLY gewaardeerd op € 114.722.

⁴⁰ Schadelijke ozon ontstaat onder andere door onder andere uitstoot van stikstofoxiden en methaan (EC, 2024b) (KNMI, 2011).

De gezondheidseffecten worden vervolgens gewaardeerd door fysieke schade-indicatoren (zoals YOLL, DALY en QALY) om te zetten in economische waarden.⁴¹ Dit gebeurt met behulp van waarderingsmethodieken zoals de VSL en VOLY.

De waardering van gezondheidsschade aan de hand van milieuprijzen vindt plaats aan de hand van de volgende luchtverontreinigende stoffen:

- stikstofoxide (NO_x);
- zwaveloxide (SO₂);
- ammoniak (NH₃);
- vluchtige organische stoffen (niet-methaan);
- fijnstof (PM_{2,5}).

Tabel 13 toont de resultaten van de waardering van gezondheidsschade als gevolg van luchtverontreiniging. Het Handboek Milieuprijzen 2023 hanteert een onder- centrale- en bovenwaarde voor milieuprijzen om onzekerheidsmarges in acht te nemen. We laten de gezondheidskosten alleen zien voor S2, omdat het verschil in luchtverontreiniging tussen de scenario's klein is.

Tabel 13 - De waardering van menselijke gezondheidsschade in Nederland als gevolg van de emissie van luchtverontreinigende stoffen⁴²

€ miljoenen (prijspeil 2021)	2023	2030	2040	2050
Onderwaarde	8.161	6.291	4.465	3.235
Centrale waarde	13.317	10.261	7.278	5.270
Bovenwaarde	18.941	14.569	10.314	7.453

Als gevolg van de maatregelen die worden genomen in het klimaatplan, neemt de emissie van luchtverontreinigende stoffen af over tijd. Dit zorgt ervoor dat de gezondheidsschade ook afneemt. Tabel 13 - De waardering van menselijke gezondheidsschade in Nederland als gevolg van de emissie van luchtverontreinigende stoffen laat zien dat (uitgaande van de centrale waarde) de gezondheidsschade afneemt van € 13,3 miljard in 2023 naar € 7,3 miljard in 2040. In 2050 neemt de gezondheidsschade verder af tot € 5,3 miljard. De vermindering van stikstofoxides en ammoniak in de lucht zorgen voor de grootste afname van gezondheidsschade.

Tabel 13 toont uitsluitend de gezondheidseffecten die voortvloeien uit verminderde luchtverontreiniging. De relatie tussen gezondheid en klimaat(verandering) is in realiteit veel breder. Weersextremen en de gevolgen hiervan, zoals hittestress, allergieën, UV-schade, infectieziekten en mentale gezondheid hebben ook invloed op de gewaardeerde gezondheidsschade (RIVM, 2021). Deze aspecten zijn niet meegenomen in de berekeningen, omdat deze lastig te waarderen zijn. Het is mogelijk dat de gevolgen van klimaatverandering een dempend effect hebben op de in Tabel 13 gepresenteerde gezondheidswinst. Echter zullen

⁴¹ YOLL = Years of Lost Life.

DALY = Disability Adjusted Life Years.

QALY = Quality Adjusted Life Years.

⁴² Het Handboek Milieuprijzen 2023 waardeert het effect van luchtverontreinigende stoffen op menselijke gezondheid, ecosystemen, kapitaalgoederen, grondstoffen en welbevinden als geheel. Voor deze berekening is aan de hand van achterliggende data het effect van luchtverontreinigende stoffen op uitsluitend menselijke gezondheid gewaardeerd. Om deze reden is het niet mogelijk om per individuele luchtverontreinigende stof de gezondheidseffecten te tonen. Er zit namelijk een interactie tussen de effecten op gezondheid ecosystemen, kapitaalgoederen, grondstoffen en welbevinden.

de effecten van klimaatverandering, zeker op de lange termijn, een grotere negatieve impact hebben op gezondheid in een situatie zonder actief klimaatbeleid. Paragraaf 4.5 vergelijkt de toekomstige economische schade van een situatie met een situatie zonder actief (mondiaal) klimaatbeleid.

Tot slot benoemen we dat het LIFE-scenario naar verwachting zorgt voor minder luchtverontreiniging in vergelijking met S1-S3. Uit de Europese impactanalyse blijkt dat met name de uitstoot van ammoniak significant lager is in het LIFE-scenario, vanwege de transitie van dierlijk naar plantaardig voedsel en de sterke daling van de veeteelt. Dit betekent dat de indirecte gezondheidsbaten in het LIFE-scenario groter zijn in vergelijking met S1-S3.

Effecten op biodiversiteit

Klimaatverandering hangt nauw samen met de teloorgang van biodiversiteit, dat essentieel is voor landbouw, bosbouw en visserij. Het gaat dan specifiek om verzuring en eutrofiëring ('vermesting') van de bodem en het water, dat ecosystemen kan aantasten waardoor soortenrijkheid vermindert ((EC, 2024a), pagina 56). Daarmee vormt klimaatverandering een bedreiging voor voedsel- en waterzekerheid en daarmee de stabiliteit van een groot aantal economische sectoren. Biodiversiteit betreft concreet de aanwezigheid van soorten dieren en planten in een gebied, waarbij het gaat om zowel het aantal soorten als de hoeveelheid per soort (dier of plant) in een gebied.

Het beperken van schadelijke klimaatverandering heeft op verschillende manieren een positieve impact op biodiversiteit. Niet alleen blijft soortenrijkheid behouden, andersom heeft meer biodiversiteit ook een positieve impact op klimaatverandering. Meer diverse ecosystemen zijn beter in staat zijn om CO₂ op te nemen ((EC, 2024a), pagina 52). Minder broeikasgassen is daarom één van de pijlers om aan te pakken als het gaat om het behoud van biodiversiteit.

De kosten en baten van biodiversiteitsverlies ten gevolge van klimaatverandering zijn nog nauwelijks bekend, en kunnen worden ingeschat aan de hand van ecosysteemdiensten. De Natura 2000-gebieden, biodiversiteitshotspots in Europa, leveren op Europees niveau alleen al € 200-300 miljard per jaar op ((EC, 2024a), pagina 61). De ECB schat verder in dat ongeveer 75% van de leningen op EU grondgebied in hoge mate afhangt van ten minste één dienst die de natuur levert.

De OESO schat in dat de kosten van biodiversiteitsverlies in de OESO kunnen oplopen tot 0,5-1,1% van het BBP. Een andere studie specificeert de kosten niet, maar geeft aan dat er significante welvaartsverliezen kunnen optreden door de impact van klimaatverandering op bossen. Als laatste geeft een studie van het IPBES aan dat de kosten van invasieve soorten wereldwijd jaarlijks € 400 miljard bedragen⁴³ (EC, 2024a), pagina 60 en 61).

Tabel 14 - Overzicht studies naar kwantificering waarde biodiversiteit en kosten biodiversiteitsverlies

Onderwerp	Waarde of kosten	Bron
Ecosysteemdiensten Natura 2000-gebieden	Waarde: € 200-300 miljard jaarlijks	EU IA
Biodiversiteitsverlies	Kosten: € 6.700-14.740 miljard jaarlijks Europees	OECD
Invasieve soorten	Kosten: € 400 miljard jaarlijks, wereldwijd	IPBES

⁴³ Tegelijkertijd worden deze cijfers gezien als een *gross underestimation* (Roy et al., 2023).

In de Europese Impactanalyse is het GAINS-model gebruikt om de invloed van luchtverontreinigende stoffen op ecosystemen te schatten, waarbij men tot het resultaat komt dat zichtbaar is in Tabel 15.⁴⁴ Er wordt gekeken naar de impact van verminderde luchtverontreiniging op verzuring (acidification) en de veresting⁴⁵ (eutrophication) van ecosystemen. Binnen alle scenario's verminderen de broeikasgassen en daarmee luchtverontreiniging door een lager energieverbruik en het gebruik van hernieuwbare energie zoals zonne-energie.

De combinatie van bestaande luchtverontreiniging met de ambitieuze klimaat beleidsmaatregelen zou moeten resulteren in een sterke vermindering van luchtverontreinigende stoffen in 2040.

Tabel 15 - Oppervlakte (in 1.000 km²) dat beïnvloed wordt door verzuring en eutrofiëring, per scenario als berekend in de Europese Impact Assessment

	2015	2040, S1,S2 en S3 (LIFE)	Verandering 2015-2014 in %	Verandering S3- LIFE
Verzuring (1.000 km ²)	157	30.6 tot 30.7 (19.3)	-126 -80,4%	-137 -87.7%
Eutrofiëring (1.000 km ²)	1164	890 tot 892 (742)	-272 tot -274 -23.4% tot -23,5%	-422 -36.3%

Bron: EC (2024a), pagina142

Doorvertaling naar Nederland

Het effect van het klimaatplan op de biodiversiteitsschade in Nederland kan worden berekend aan de hand van de emissie van luchtverontreinigende stoffen in Nederland. Het effect van luchtverontreinigende stoffen op biodiversiteit wordt gewaardeerd aan de hand van milieuprijzen. Deze methodologie sluit daarmee aan op de methodologie die is toegepast bij de waardering van gezondheidsschade.

Het Handboek Milieuprijzen 2023 behandelt de waardering van biodiversiteit aan de hand van de bijdragen aan menselijk welzijn. De waarderingsmethodologie is gebaseerd op de Common International Classification of Ecosystem Services (CICES), die ecosysteemdiensten in drie hoofdcategorieën verdeelt: Bevoorradingsdiensten (zoals voedselproductie, biomassa), culturele diensten (zoals recreatie, esthetische waarde van de omgeving) en regulerende en onderhoudsdiensten (zoals klimaatregulering, waterzuivering, bodemvorming en biologische plaagbestrijding). Elk van deze diensten draagt direct of indirect bij aan het menselijk welzijn (Dasgupta, 2021). Voor het meten van biodiversiteit wordt (onder ander) gekeken naar de Potentially Disappeared Fraction (PDF), die de impact van emissies of landgebruik op de soortenrijkdom van ecosystemen meet. Een uitgebreidere toelichting over de milieuprijs voor biodiversiteit is te vinden in het Handboek Milieuprijzen 2023.

⁴⁴ Hierin zijn niet begrepen a) verminderde gezondheidskosten zien en b) de toegenomen economische groei (vanwege verminderde ziektelast van werknemers, hogere productiviteit), c) verbeterde luchtkwaliteit ook de crop yields en d) de verminderde schade aan materiaal en gevoeliger ecosystemen.

⁴⁵ In Nederland is de term 'veresting' gebruikelijk omdat de grootste bron meststoffen zijn. De eigenlijke vertaling van eutrophication is eutrofiëring en beslaat een breder terrein van een teveel aan anorganische stoffen (Klopffer et al., 2001).

Tabel 16 toont het effect van verminderde emissie van luchtverontreinigende stoffen op biodiversiteit. Het gaat hierbij om de gezamenlijke biodiversiteitsschade van de stoffen stikstofoxide, zwaveloxide, ammoniak, VOS en fijnstof. In het Handboek Milieuprijzen 2023 wordt een onder-, centrale en bovenwaarde voor milieuprijzen gehanteerd om de onzekerheidsmarges mee te nemen. De biodiversiteitsschade presenteren we uitsluitend voor S2, omdat de verschillen tussen de scenario's minimaal zijn.

Tabel 16 - De waardering van het effect van luchtverontreinigende stoffen op biodiversiteit in Nederland⁴⁶

€ miljoenen (prijspeil 2021)	2023	2030	2040	2050
Onderwaarde	592	448	303	206
Centrale waarde	961	726	491	333
Bovenwaarde	1.353	1.021	690	468

De tabel laat zien dat de biodiversiteitsschade in Nederland als gevolg van het klimaatplan afneemt. Door minder luchtverontreinigende stoffen daalt de schade van € 961 miljoen in 2023 naar € 491 miljoen in 2040. In 2050 zakt dit verder naar € 333 miljoen. Dit is vooral het gevolg van lagere emissies van stikstofoxiden en ammoniak. In het LIFE-scenario is de afname van biodiversiteitsschade naar verwachting groter dan in S1-S3. Dit komt met name door een vermindering van de emissie van ammoniak, als gevolg van de transitie naar plantaardig voedsel en verkleining van de veestapel.

Geopolitieke context: grondstoffenvraag

Bij de uitvoering van het klimaatplan, en de daarmee gepaard gaande decarbonisatie van het energiesysteem, daalt de vraag naar fossiele brandstoffen. In Nederland daalt de importwaarde van fossiele brandstoffen in 2040 met 55% ten opzichte van 2023 (zie Tabel 12). Dit maakt Nederland minder afhankelijk van landen en regio's die veel fossiele brandstoffen exporteren.

Tegelijkertijd zorgt de energietransitie voor een toenemende vraag naar metalen, wat zorgt voor nieuwe afhankelijkheden. Metalen als ijzer, koper, lithium en andere zeldzame aard-metalen zijn essentieel voor de productie van windturbines, zonnepanelen, elektrolyzers en batterijen. Voor deze kritieke metalen, en de producten die worden gemaakt met deze metalen, zijn Nederland en de EU op dit moment vrijwel volledig afhankelijk van aanvoer uit andere landen (Leiden-Delft-Erasmus, 2022). In Nederland neemt de importwaarde van metalen goederen in 2040 met 33% toe ten opzichte van 2023, en neemt de importwaarde van elektrische apparatuur en onderdelen zelfs met 93% toe (zie Tabel 12).⁴⁷ Met name China heeft een dominante positie op de wereldmarkt wat betreft de kritieke metalen die nodig zijn voor de energietransitie (de Wijk, 2021).

⁴⁶ Het Handboek Milieuprijzen 2023 waardeert het effect van luchtverontreinigende stoffen op menselijke gezondheid, ecosystemen, kapitaalgoederen, grondstoffen en welbevinden als geheel. Voor deze berekening is aan de hand van achterliggende data het effect van luchtverontreinigende stoffen op uitsluitend biodiversiteit gewaardeerd. Om deze reden is het niet mogelijk om per individuele stof de biodiversiteitsschade te tonen. Er zit namelijk een interactie tussen de effecten op gezondheid, ecosystemen, kapitaalgoederen, grondstoffen en welbevinden.

⁴⁷ Het model maakt geen onderscheid tussen import uit Europese landen en import uit niet-Europese landen. Daarnaast gaat het model uit van de aanname dat er in Nederland geen opschaling van mijnbouw plaatsvindt.

Tabel 17 geeft de grondstoffenvraag in Nederland weer, onderverdeeld naar de categorieën biograndstoffen, metaal-ertsen en niet metaalhoudende mineralen. De vraag naar biograndstoffen stijgt in de periode 2023 tot en 2050 met een factor 3.4. Dit is in lijn met de groeiende vraag naar biobrandstoffen voor transport en bijvoorbeeld voor het maken van biobased kunststoffen. Basisindustrieën zoals de ijzer-, staal-, en cementindustrie ondervinden een lichte groei tussen 2023 en 2050 en zullen daardoor meer metaalertsen en niet-metaalhoudende mineralen afnemen bij buitenlandse aanbieders. Voor de verduurzaming van de industrie zal de import van waterstof naar verwachting significant toenemen, tot een waarde van € 11,6 miljard in 2050 (zie Tabel 12).

Tabel 17 - Grondstoffenvraag in Nederland

Grondstoffen	2023	2030	2040			2050		
			S1	S2	S3	S1	S2	S3
	Miljoen ton		Index (2023=100)					
Biograndstoffen	38.2	69.8	260.2	268.8	278.8	345.8	342.9	340.6
Metaal-ertsen	40.5	40.1	102.5	101.2	100.2	113.1	113.3	113.6
Niet-metaalhoudende mineralen	34.7	36.8	114.1	114.1	114.4	125.6	125.4	125.1

Kortom, het klimaatplan leidt tot een verschuiving van afhankelijkheden van landen die fossiele brandstoffen produceren, naar landen die een dominante rol spelen in de wereldmarkt voor kritieke metalen en hernieuwbare technologieën.

Een manier om de geopolitieke positie van Nederland en de EU te versterken is door zelf productiecapaciteit op te bouwen voor hernieuwbare technologieën. Uit de Europese impactanalyse blijkt dat het opbouwen van deze industriële productiecapaciteit op Europees niveau vraagt om aanvullende investeringen van € 23,3 miljard per jaar.⁴⁸ Ook leefstijlveranderingen kunnen de Nederlandse grondstoffenafhankelijkheid van andere landen doen verminderen. Het LIFE-scenario laat zien dat zaken zoals verbeterd hergebruik, recycling en optimalisatie van energieverbruik, de investeringsbehoefte in het energiesysteem (en daarmee ook de vraag naar materialen die nodig zijn om deze investeringen te doen) aanzienlijk doet laten dalen.

4.5 Tenslotte: Wat als we niets zouden doen?

Klimaatverandering heeft diepgaande effecten op samenleving en economie wereldwijd. De schadelijke effecten van opwarming van de aarde nemen in schaal en frequentie toe, met negatieve gevolgen voor economische systemen (Europese impactanalyse Annex 7, sectie 2.1.1 en 3.1). De kosten van klimaatverandering blijven stijgen en zonder klimaatbeleid kunnen verschillende onderdelen van het klimaatsysteem onomkeerbare kantelpunten bereiken. Klimaatgerelateerde gebeurtenissen zoals hittegolven en overstromingen hebben nu al een nadelige invloed op de gezondheid en het welzijn van de mens (Europese impactanalyse Annex 7, sectie 2.3.1).

De wereldwijde schade door klimaatverandering kan tegen het einde van de eeuw 10-12% van het BBP bereiken (Van der Wijst et al., 2023). Deze schattingen zijn conservatief en houden geen rekening met bredere maatschappelijke en natuurlijke effecten, vooral in de meest kwetsbare landen. Onbeheersbare klimaatverandering brengt kosten met zich mee die veel hoger zijn dan de kosten van het verminderen van uitstoot, en zal daarnaast grote gevolgen hebben voor de economie en mensheid.

⁴⁸ Het opbouwen van eigen Europese productiecapaciteit voor hernieuwbare technologieën is niet meegenomen in de macro-economische doorrekeningen in Hoofdstuk 2 en Hoofdstuk 3.

Europese impactanalyse

De Europese impactanalyse brengt aan de hand van een econometrische analyse de macro-economische kosten van verschillende klimaatrisico's in kaart. Het model omvat negen verschillende typen risico's of getroffen sectoren:

1. Kustoverstromingen.
2. Rivieroverstromingen.
3. Droogtes.
4. Arbeidsproductiviteit.
5. Landbouw.
6. Bossen.
7. Visserij.
8. Energievraag.
9. Energieaanbod.

Deze factoren worden in het model geïntegreerd via kapitaalvernietiging, veranderingen in productie of beschikbaarheid van grondstoffen, wijzigingen in productiviteit en veranderingen in consumptie.⁴⁹ Wat betreft kapitaalvernietiging gaat het model ervan uit dat 30% van de schade wordt gedekt door de verzekeringssector, en dat er geen publieke steun wordt verleend voor onverzekerde schade. Dergelijke schade leidt daarom tot hogere kosten voor bedrijven en/of inkomstenderving voor huishoudens.⁵⁰

De macro-economische gevolgen worden geëvalueerd in vergelijking met een basisscenario waarin geen klimaatrampen in overweging worden genomen. De Europese impactanalyse modelleert twee klimaatschadesituaties:

1. **Een 'netto-nul emissies' situatie:** waarin de EU tegen 2050 klimaatneutraliteit bereikt en de rest van de wereld maatregelen neemt om in lijn te komen met het IPCC-emissiepad dat resulteert in een wereldwijde temperatuurstijging van 1,6 °C rond 2050 en 1,4 °C rond 2090. Deze situatie komt overeen met de drie scenario's waarvoor resultaten in dit rapport zijn doorgerekend.
2. **Een 'nietsdoen'-situatie:** waarbij de EU handelt volgens het Referentie 2020-scenario en de rest van de wereld zich ontwikkelt langs het IPCC-emissiepad dat leidt tot een wereldwijde temperatuurstijging van 2,1 °C rond 2050 en 3,6 °C rond 2090.⁵¹

Tabel 18 toont de geschatte economische schade op Europees niveau voor de twee situaties. Tot 2050 zijn de economische verschillen tussen de scenario's duidelijk, maar niet extreem. In Situatie 1 zijn de economische verliezen als gevolg van het veranderende klimaat geschat op 0,8% van het BBP in 2030, oplopend tot 1,2% in 2040 en 1,5% in 2050. In Situatie 2 wordt verwacht dat de economische schade 1,0% van het BBP bedraagt in 2030, oplopend naar 1,7% in 2040 en uiteindelijk 2,3% in 2050 bereikt.

Op de lange termijn (in het jaar 2100) wordt het verwachte temperatuurverschil en bijbehorende klimaatschade tussen de 'netto-nul emissies' situatie en de 'nietsdoen'-situatie significant groter. In de 'netto-nul emissies'-situatie wordt de klimaatschade in het jaar 2100 geschat op 0,8-1,0% van het BBP. Voor de 'nietsdoen'-situatie Dis dit 7,0% van het BBP.

⁴⁹ Kosten voor klimaatadaptatie zijn niet meegenomen in de doorrekening.

⁵⁰ Meer achtergrondinformatie over de aannames en modelering van de macro-economische kosten van klimaatrisico's is te vinden in hoofdstuk 3.3 (vanaf pagina 109) van de Europese impactanalyse.

⁵¹ Situatie 1 komt overeen met het IPCC RCP1.9-pad en Situatie 2 komt overeen met het IPCC RCP7.0-pad.

Tabel 18 - Geschatte economische schade als gevolg van klimaatverandering in de *gehele* EU⁵²

	Schatting economische schade EU (% bbp)			
	2030	2040	2050	2100
Situatie 1: Netto nulemissies in 2050	1,0%	1,2%	1,5%	0,8-1,0%
Situatie 2: Nietsdoen	0,8%	1,7%	2,3%	7,0%

Europese regio's ondervinden verschillende klimaatrisico's, waarbij Zuid-Europese landen, zoals Italië, Spanje en Griekenland, naar schatting zwaarder worden getroffen dan Noord- of West-Europese landen. In de 'netto-nul emissies' situatie wordt de klimaatschade in het jaar 2100 voor West-Europese landen geschat op circa 0,2 tot 0,4% van het BBP, en in de 'nietsdoen' situatie op 6,1 tot 6,3% van het BBP. De economische schade voor West-Europese landen is daarmee kleiner dan het Europees gemiddelde dat gelijk is aan 7,0% van het BBP.

Tabel 19 - Geschatte economische schade als gevolg van klimaatverandering *in het jaar 2100*⁵³

	Schatting Economische schade in het jaar 2100 (% bbp)			
	Zuid-Europa	West-Europa	Centraal/ Oost-Europa	Noord-Europa
Situatie 1: Netto nulemissies in 2050	1,2-1,4%	0,2-0,4%	0,4-0,6%	0,8-1,0%
Situatie 2: Nietsdoen	8,1-8,3%	6,1-6,3%	6,8-7,0%	6,3-6,5%

In de Europese impactanalyse wordt benadrukt dat de hierboven gepresenteerde schattingen waarschijnlijk zeer conservatief zijn. De modellering van klimaatschade gaat tot het jaar 2060. De impact op het BBP van temperatuursveranderingen na het jaar 2060 zijn daarom geschat met een eenvoudige lineaire extrapolatie. Deze benadering biedt een ruwe schatting die waarschijnlijk aan de conservatieve kant is, aangezien het uitgaat van een lineair verband tussen opwarming en economische gevolgen. Daarnaast worden in de analyse verschillende factoren niet meegenomen, waaronder de impact van klimaatverandering op ecosysteemdiensten (zoals toegang tot water) en de effecten op toerisme. Verder moet worden opgemerkt dat de analyse zich strikt richt op macro-economische indicatoren en geen rekening houdt met de gevolgen voor gezondheid en sterftecijfers.⁵⁴

Doorvertaling naar Nederland

Op basis van de modelresultaten uit de Europese impactanalyse kan ook voor Nederland een indicatie van de klimaatschade voor de twee situaties (de 'netto-nul' situatie en de 'nietsdoen'-situatie) worden gegeven. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de verwachte klimaatschade voor West-Europese landen, gepresenteerd in Tabel 20Tabel 19. Voor West-Europese landen wordt de klimaatschade in de 'netto-nul' situatie in het jaar 2100 geschat op circa 0,2-0,4% van het BBP. Uitgedrukt in het Nederlandse BBP van het jaar 2022 komt dit overeen met € 2 tot 4 miljard per jaar. De klimaatschade in de 'nietsdoen'-situatie wordt voor het jaar 2100 geschat op 6,1 tot 6,3% van het BBP, overeenkomend met € 61 tot 64 miljard (wederom uitgaande van het Nederlandse BBP in 2022) (CBS, 2024a).

⁵² De data gepresenteerd in Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. is afkomstig uit Annex 6 hoofdstuk 3.3.3.2 en 3.3.3.3 van de Europese impactanalyse.

⁵³ De cijfers uit Tabel 19 zijn afgeleid van Annex 6 Figuur 36 van de Europese impactanalyse.

⁵⁴ Annex 6 Tabel 7 geeft een literatuuroverzicht van de geschatte klimaatschade in % BBP.

Tabel 20 - Geschatte economische schade in Nederland als gevolg van klimaatverandering

	% BBP			€ miljard (uitgedrukt in BBP 2022)		
	2040	2050	2100	2040	2050	2100
Situatie 1: Netto nulemissies in 2050	1,2%	1,5%	0,2-0,4%	€ 12	€ 15	€ 2-4
Situatie 2: Nietsdoen	1,7%	2,3%	6,1-6,3%	€ 17	€ 23	€ 61-64

Het nietsdoenscenario leidt tot aanzienlijke economische schade. Door de klimaatdoelen voor 2040 te behalen, kan deze schade op de lange termijn worden beperkt. Hoewel de impact in West-Europese landen naar verwachting minder ernstig is dan in Zuid-Europa, verwachten we in Nederland dat het beperken van de klimaatopwarming een verschil van ongeveer 6 procentpunt van het BBP in 2100 kan opleveren ten opzichte van nietsdoen. Dit komt neer op een indicatieve besparing van € 60 miljard per jaar (uitgedrukt in het BBP van 2022). Het gaat hier om een conservatieve schatting, omdat de klimaatschade na 2060 via lineaire extrapolatie is geschat en factoren zoals de impact op ecosysteemdiensten en toerisme, evenals gezondheid en sterfte, niet zijn meegenomen in de analyse.

4.6 Conclusie

Dit hoofdstuk brengt de effecten op brede welvaart in kaart voor 2040 en 2050.

- De besteedbare inkomens stijgen gemiddeld met 16% in 2040 en met 41% in 2050 ten opzichte van 2023. In alle inkomenskwintielen is de groei evenredig. De toename van besteedbare inkomens is hoofdzakelijk toe te schrijven aan de groei van het BBP. De maatregelen uit het Klimaatplan hebben slechts een zeer beperkte invloed op de besteedbare inkomens. Echter, huishoudens die niet meeprofiten van de economische groei, zoals mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt, blijven kwetsbaar voor energiearmoede door de stijgende prijzen.
- Onder het Klimaatplan neemt de luchtvervuiling af, wat aanzienlijke indirecte voordelen oplevert voor gezondheid en biodiversiteit. De afname van gezondheidskosten wordt geschat op circa € 6 miljard in 2040 en € 8 miljard in 2050 ten opzichte van 2023. Deze voordelen omvatten lagere zorgkosten, verbeterd welzijn en een hogere arbeidsproductiviteit. Verminderde biodiversiteitskosten worden geraamd op € 470 miljoen in 2040 en € 630 miljoen in 2050 ten opzichte van 2023. Dit draagt bij aan het behoud van soortenrijkdom en versterkt het positieve effect van biodiversiteit op het tegengaan van klimaatverandering. In voorgenoemde ramingen zijn alleen de effecten van luchtvervuiling meegenomen. Andere klimaatgerelateerde effecten op gezondheid en biodiversiteit, zoals de gevolgen van weersextremen, zijn niet meegenomen in de berekening. Tussen scenario's zijn nauwelijks verschillende effecten op brede welvaart te zien. Dit geldt zowel voor besteedbare inkomens als voor emissie van luchtverontreiniging (en daarmee ook voor effecten op gezondheid en biodiversiteit).
- Het Klimaatplan leidt tot een verschuiving in grondstoffenafhankelijkheden. Enerzijds vermindert de energietransitie de afhankelijkheid van regio's die fossiele brandstoffen exporteren. Anderzijds neemt de vraag naar kritieke metalen en hernieuwbare technologieën toe, waarbij China een dominante positie inneemt op de wereldmarkt.
- Klimaatverandering brengt aanzienlijke economische schade met zich mee als gevolg van bijvoorbeeld overstromingen, droogtes en verminderde arbeidsproductiviteit. In West-Europa wordt de schade van het niet aanpakken van klimaatverandering geschat op ongeveer 6,2% van het BBP. Door de klimaatdoelen voor 2040 te realiseren, kan deze schade op de lange termijn (rond 2100) jaarlijks met circa € 60 miljard (prijspeil 2022) worden verminderd.

5 Beoordeling van beleidsrichtingen uit het Klimaatplan

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beoordelen we de beleidsrichtingen uit het Nederlandse Klimaatplan 2025-2035 op hun economische merites. De analyse is kwalitatief van aard en zal aangeven in hoeverre er meer positieve (+) of negatieve gevolgen (-) zijn verbonden aan de gekozen uitwerking in het Nederlands beleid. Het betreft een selectie van de beleidsrichtingen die concreet en specifieke genoeg zijn om te kunnen worden beoordeeld op hun gevolgen.⁵⁵

5.2 Economisch beoordelingskader beleidsrichtingen

Scope

De genoemde beleidsrichtingen zijn in deze fase op hoofdlijnen geformuleerd en nog niet concreet ingevuld in het Klimaatplan. Dat zal de komende tijd verder zijn beslag gaan krijgen. Dat maakt een economische beoordeling lastig, omdat economische effecten afhangen van een specifieke uitwerking of keuze voor een instrument.

De scope van de analyse zijn maatregelen uit de Ontwerp Beleidsagenda (consultatieversie 24 oktober 2024) die voldoende uitgewerkt zijn om kwalitatieve uitspraken over te doen. Als maatregelen in onze optiek onvoldoende zijn uitgewerkt nemen we ze niet mee in de analyse, zonder dat herhaaldelijk te vermelden. Voor de beleidsopties geven we naar onze beoordeling aan of ze additioneel of conform het Europees beleid en daarmee als Nederlandse invulling van deze maatregel kunnen zien. Als er bij normerend beleid geen 'wortel' (zoals een subsidie) wordt genoemd, gaan we er vanuit dat die er niet is.

Indicatoren

Per maatregel/beleidsrichting toetsen we indicatoren genoemd in Tabel 21.:

Tabel 21 - Indicatoren waarmee de effecten worden getoetst in de analyse

Indicator	Effect	Opmerking
Macro-economisch (investerings, productie, werkgelegenheid)	– Extra of versnelling (+) – Minder (-) – Geen of verdringing (0)	Omvang effect wordt toegevoegd
Bedrijven/consumenten (prijzen energie of andere relevante producten)	– Kosten komen direct bij eindgebruikers terecht (E-) – Kosten worden gesocialiseerd en dus verdeeld over de samenleving (S-)	Effecten niet gerelateerd aan omvang investeringen

⁵⁵ Een aantal beleidsmatige keuzes en -richtingen is nog niet dermate uitgewerkt dat er economische effecten aan kunnen worden toegeschreven.

Indicator	Effect	Opmerking
	– Er is geen sprake van extra kosten (0) – Baten worden gesocialiseerd en dus verdeeld over de samenleving (S+) – Baten komen direct bij de eindgebruikers terecht (E+)	
Effecten op investeerders	– Kosten worden gesocialiseerd, er is geen sprake van extra kosten (0) – Kosten worden doorgerekend aan eindgebruikers, er is geen sprake van extra kosten (0) – Kosten kunnen niet (volledig) worden doorgerekend (-) – Er is sprake van baten voor de investeerder (+)	
Effecten op gezondheid en biodiversiteit	– Positief effect (+) – Geen effect (0) – Negatief effect (-)	

Macro-economisch: Investerings, productie en werkgelegenheid

We beschouwen hierbij het effect op investeringen, productie en werkgelegenheid ten opzichte van de referentie zonder het beleid.

- **Investerings aanbodzijde economie.** In hoeverre stimuleert/beperkt de maatregel investeringen in het energiesysteem?
- **Investerings vraagzijde economie.** In hoeverre stimuleert/beperkt de maatregel investeringen bij bijvoorbeeld consumenten van energie?

De maatregelen uit het Klimaatplan kunnen verschillende effecten hebben op de investeringen, te weten:

- versnelling: door het beleid worden investeringen die anders ook gedaan zouden zijn naar voren gehaald;
- extra investeringen: door het beleid worden investeringen gedaan die anders niet gedaan zouden zijn;
- verdringing: door het beleid worden andere investeringen vervangen door nieuwe investeringen;
- door het beleid worden minder investeringen gedaan dan zonder het beleid;
- het heeft geen effect.

We geven een kwalificatie van de omvang van de effecten, als gevolg van de omvang van de investeringen. Effecten op investeringen werken direct door in productie en werkgelegenheid. Deze relatie is echter niet altijd één-op-één. Er kan een verschuiving plaatsvinden van bijvoorbeeld kapitaalintensief naar arbeidsintensief. Hierdoor is bij verdringing (en gelijke investeringen) er toch een toename van de werkgelegenheid. Ook kan beleid gericht op bijvoorbeeld innovatie leiden tot een toename van de arbeidsproductiviteit die, bij gelijke productie, resulteert in minder arbeidsvraag. Indien er knelpunten worden verwacht met betrekking tot werkgelegenheid geven wij dit aan.

Effect op huishoudens (eindgebruikers) prijzen producten (energie, koolstofintensieve producten landbouwproducten)

Als er sprake is van extra investeringen is de vraag hoe deze worden bekostigd. Is er sprake van socialisering van de kosten, doordat kosten uit de algemene middelen worden betaald of komen de kosten bij een specifieke groep terecht? Uiteindelijk hebben deze investeringen een effect op de koopkracht van huishoudens, hetzij rechtstreeks in de vorm van minder bestedingsruimte door hogere prijzen van energieproducten koolstofintensieve producten, hetzij indirect in de vorm van hogere belastingen op energie of andere grondslagen. Per beleidsmaatregel benoemen we waar de kosten (en eventuele baten) terecht komen. Indien relevant geven we aan wat de effecten zijn voor de koopkrachtverdeling, met daarbij bijzondere aandacht voor de lage inkomens.

Effect op bedrijven (producenten, intermediaire gebruikers) prijzen eindproducten (energie, koolstofintensieve producten, landbouwproducten)

Ook bedrijven zullen effect ondervinden van hogere kosten door het Klimaatplan. Door de maatregelen kunnen hun energiekosten of kosten van andere intermediaire producten (bijvoorbeeld staal) toenemen, hetgeen leidt tot hogere kosten voor eindproducten. Dit kan, afhankelijk van de markt, resulteren in nadelige gevolgen voor de internationale concurrentiepositie. Ook hier geldt dat kosten rechtstreeks effect kunnen hebben of indirect in de vorm van hogere belastingen. Onder bedrijven scharen wij ook publieke en maatschappelijke organisaties, dit is een diverse groep met daarin onder meer scholen, zorginstellingen en culturele instellingen. Zij maken net als bedrijven gebruik van utiliteitsgebouwen, maar hebben ook niet altijd de mogelijkheid om kosten door te berekenen. Hogere kosten zullen, zonder compensatie, ten koste kunnen gaan van kernactiviteiten.

Effecten op investeerders

Investeerders zijn de bedrijven, maatschappelijke organisaties en ook huishoudens aan de aanbod- of vraagzijde die investeringen doen (dus bedrijven in de energiesector, industrie, landbouw, etc.). Wie draagt de kosten van een bepaalde beleidsmaatregel? Is er sprake van publieke of private uitgaven, en wat is hiervan de economische doorwerking? Als de (meer)-kosten worden gesocialiseerd middels subsidies of ander beleidsinstrumentarium of als investeerders hogere kosten kunnen doorberekenen zonder effecten op de concurrentie, zijn er in principe geen effecten op investeerders (0). Investeerders kunnen met negatieve effecten te maken krijgen als meerkosten niet kunnen worden doorberekend, waardoor hun winstgevendheid of concurrentiepositie verslechtert en zij marktaandeel verliezen (-). Positieve effecten zijn mogelijk als het beleid leidt tot kostenverlagingen en er evidente voordelen optreden in de vorm van first-mover voordelen of innovaties die kapitaal- of arbeidsproductiviteit vergroten (+).

Effecten op gezondheid

Indien relevant benoemen we het effect op gezondheid. We gaan hierbij alleen uit van éérste-orde-effecten, dus niet van doorwerking van macro-economische effecten op de gezondheid. We nemen bijvoorbeeld wel mee dat hogere accijnzen op benzine leiden tot een overstap op elektrisch vervoer en hierdoor de uitstoot van fijnstof vermindert, waarbij de fijnstofreductie positief is voor de gezondheid.

Dit kan echter leiden tot een vermindering van de koopkracht bij armere huishoudens, omdat zij geen mogelijkheden hebben om een elektrische auto te kopen, maar wel met hogere accijnzen te maken krijgen. Dit kan een negatief effect hebben op de gezondheid, omdat ze minder geld hebben om te sporten en om duurder gezond eten te kopen. Dit indirecte effect, via de koopkracht, nemen we niet mee.

Effecten op biodiversiteit

Indien relevant nemen we ook effecten op biodiversiteit mee. Ook bij effecten op biodiversiteit nemen we alleen eerste-orde-effecten mee. Biodiversiteit is een veelomvattend begrip dat verwijst naar alle verscheidenheid aan leven binnen soorten, tussen soorten en tussen de ecosystemen waartoe ze behoren. Door onder meer omzetting van natuur naar landbouwgrond, intensief landgebruik en bebouwing en verkeer kan de biodiversiteit afnemen.

5.3 Sector elektriciteit

Voor de sector elektriciteit behandelen de volgende twee beleidslijnen:

1. Concretiseren van maatregelen voor het streven naar een CO₂-vrij elektriciteitssysteem in 2035.
2. Vergroten van het aandeel kernenergie in de elektriciteitsmix.

Beleidslijn concretiseren van maatregelen voor het streven naar CO₂-vrij elektriciteitssysteem in 2035

Alle maatregelen (zie Tabel 22) zijn gericht op het streven naar een CO₂-vrij elektriciteits-systeem in 2035. Dit is additioneel aan het EU-beleid, gericht op een bijna klimaatneutraal elektriciteitssysteem in 2040. Deze maatregelen halen de investeringen in de aanbodzijde naar voren. Op korte termijn kan dit leiden tot extra productie en werkgelegenheid. Er worden zes potentiële maatregelen genomen, allen normerend en beprijzend.

Tabel 22 - Maatregelen Concretiseren van maatregelen voor het streven naar een CO₂-vrij elektriciteitssysteem in 2035

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
Progressieve normering aardgas voor gascentrales	+	E-	E-	0/-	?	?
Progressieve bijmengverplichting waterstof/biogas voor gascentrales	+	E-	E-	0/-	?	?
Additionele beprijzing CO ₂ -uitstoot voor gascentrales ten opzichte van EU ETS	+	E-	E-	0/-	?	?
Progressieve leveranciersverplichting CO ₂ -vrije elektriciteitsproductie	+	E-	E-	0/-	?	?
CAPEX/OPEX-subsidie CO ₂ -vrije gascentrales via het Klimaatfonds (en evt. aanvullend)	+	S-	S-	0	?	?
Invoering van twee-sides contract for difference na SDE++ voor hernieuwbare elektriciteitsproductie	+	S-	S-	0	?	?

Bij de eerste vier maatregelen komen meerkosten van verduurzaming primair bij de producenten (investeerders) te liggen. Hierdoor stijgen de marginale kosten bij Nederlandse elektriciteitscentrales. Als buitenlandse centrales niet met vergelijkbare maatregelen te maken krijgen, zal dit ten koste gaan van de concurrentiepositie met als gevolg minder vollasturen. Ook andere Europese landen (Oostenrijk, België, Frankrijk, Duitsland, Luxemburg, Zwitserland) hebben echter de ambitie uitgesproken voor een CO₂-vrij elektriciteitssysteem in 2035. Het zal daarom van hun instrumentarium afhangen in hoeverre het speelveld verandert. Het ligt daarbij voor de hand dat de gemiddelde stroomprijs voor huishoudens en bedrijven toeneemt, met name als in het buitenland de kosten voor verduurzaming ook niet (volledig) worden gesocialiseerd.

Voor huishoudens en bedrijven zal dit leiden tot een hogere elektriciteitsrekening. Hierbij kan eigen opwek (zonnepanelen) deze effecten deels mitigeren. Met name voor elektriciteitsintensieve sectoren of bedrijven die hebben geïnvesteerd in elektrificeren kan dit nadelig zijn voor de concurrentiepositie. Bij huishoudens komt ongeveer een derde van de energierekening door het elektriciteitsverbruik. Dit aandeel zal toenemen naarmate er meer gebruik gemaakt wordt van (hybride) warmtepompen. Hogere stroomkosten zullen leiden tot hogere lasten voor huishoudens en maatschappelijke organisaties. Lage inkomensgroepen besteden relatief een groter deel van hun inkomen aan elektriciteit, waardoor zij hier meer last van zullen hebben.

Bij een CAPEX/OPEX-subsidie uit het Klimaatfonds (algemene middelen) worden kosten gesocialiseerd en zal de energierekening niet direct toenemen. Bedrijven en huishoudens betalen in zo'n geval mee via hogere belastingen, of doordat er minder geld wordt uitgegeven aan andere doelen. Het is een beleidskeuze bij wie de lasten dan neerslaan. Er is momenteel een subsidie van € 839 miljoen voor CO₂-vrije gascentrales voorzien. De Europese Commissie heeft voorgesteld dat als lidstaten CO₂-vrije elektriciteitsproductie financieel willen ondersteunen dit alleen nog kunnen met een *contract-for-difference* (CFD). Bij een tweezijdig CFD krijgt een investeerder subsidie indien de marktprijs lager is dan zijn productiekosten. Als de marktprijs hoger is dan de productiekosten, zal hij dit verschil moeten terugbetalen aan de overheid. Bij een goede uitvoering leidt dit tot een doelmatigere aanwending van subsidiebudgetten en beschermt dit consumenten tegen prijsspieken. Effecten zijn dan in grote lijnen vergelijkbaar met een CAPEX/OPEX-subsidie.

Effecten op gezondheid en biodiversiteit zijn onduidelijk. Dit zal afhangen van de nieuwe techniek. Als gascentrales versneld worden vervangen door biomassa kunnen effecten op gezondheid (via luchtvervuilende emissies) en biodiversiteit negatief zijn. Als gascentrales worden vervangen door zonne-energie op daken zijn effecten op gezondheid en biodiversiteit eerder positief. Windparken op zee hebben verschillende effecten op vissen, vogels en zeezoogdieren. Deze kunnen hinder ondervinden van de windparken, maar de windparken kunnen ook leiden tot meer biodiversiteit op de bodem.

Vergroten van het aandeel kernenergie in de elektriciteitsmix

Een tweede beleidsrichting is het vergroten van het aandeel kernenergie in de elektriciteitsmix. Hiervoor zijn vier instrumenten ingezet. We analyseren hier het plan om door te gaan met de bouw van de huidige twee kerncentrales en te onderzoeken of er twee extra gebouwd kunnen worden en de effecten van het langer openhouden van de kerncentrale in Borssele.

Tabel 23 - Maatregelen Vergroten aandeel kernenergie in de elektriciteitsmix

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
De huidige voorbereidingen op de bouw van twee kerncentrales gaan door en er wordt ingezet op de bouw van twee extra kerncentrales.	+	S-	S-	0	-	-
De kerncentrale in Borsele blijft langer open, mits dit veilig kan. Hiertoe worden de mogelijkheden onderzocht.	+	0/S -	0/-	0/S -	-	-

De bouw van kerncentrales leidt tot forse extra investeringen. Deze leiden tot extra (tijdelijke) werkgelegenheid, met name in de bouwfase. Dit kan tot knelpunten leiden, met name wanneer de kerncentrales tegelijkertijd worden neergezet. In de huidige plannen wordt de bouw van de kerncentrales bekostigd uit het Klimaatfonds. Dit betekent dat de kosten uit de algemene middelen komen, hetgeen negatief is voor alle bedrijven en huishoudens. In hoeverre deze negatieve effecten ervaren, zal afhangen van de wijze waarop kosten gedekt worden (verhogen belastingen, verlagen andere investeringen). Door investeringen in kernenergie kan worden bespaard op investeringen in andere opties (zon, wind) om klimaatdoelen te behalen. Ook kunnen uitgaven aan het energienet en energieopslag worden uitgespaard.

Risico's voor investeerders worden waarschijnlijk afgedekt; het kabinet onderzoekt nog financieringsvormen. Het financieel risico van kernenergie is relatief groot. In totaal is er vanuit het Klimaatfonds € 14 miljard gereserveerd voor het beleidsartikel Kernenergie. (Rijksoverheid, 2024).

De tweede maatregel betreft het onderzoeken van mogelijkheden voor het langer openhouden van de kerncentrale in Borssele. Dit leidt tot extra investeringen, maar deze zijn vele male lager dan bij nieuwbouw van één of meerdere kerncentrales.

Wat het effect op eindgebruikers is, zal afhangen van de uitwerking van het beleid. Eindgebruikers zullen waarschijnlijk, naar verwachting, weinig merken van deze maatregel, tenzij de overheid prijsgaranties beoogt te geven. Als de marktprijs van elektriciteit lager ligt dan de kWh-kostprijs van een nieuwe centrale, komen de kosten bij prijsgaranties bij de overheid neer en zonder prijsgaranties bij de investeerder. De productie van kernenergie zelf heeft een klein risico op rampen, met negatieve gevolgen voor gezondheid en biodiversiteit. De winning van uranium kan voor schade aan milieu en gezondheid zorgen, met name in landen met weinig regelgeving.

5.4 Sector industrie

Versneld oplossen van knelpunten in de uitvoering en opschaling technieken

Belangrijkste technieken waarmee de industrie emissies vermindert, zijn CCS (op termijn CCU), elektrificatie, duurzame biograndstoffen, waterstof, en procesefficiëntie (energiebesparing). In deze beleidslijn wordt concreet ingegaan op CCS. Volgens het Ontwerp Klimaatplan is CCS essentieel voor de Europese en nationale klimaatdoelstellingen, het investeringsklimaat, een kosteneffectieve transitie en op de middellange termijn voor negatieve emissies in de industrie en andere sectoren en zet hier dan ook op in, zie Tabel 24.

Tabel 24 - Versneld oplossen van knelpunten in de uitvoering en opschaling technieken

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
De overheid zet dan ook in op de gebalanceerde uitvoering van CCS. De opbouw van de CCS-markt is belangrijk en daar heeft de overheid een rol in. Zo bevordert de overheid actief de opbouw van de CCS-markt in lijn met het advies uit het Rapport Mulder, onder andere met betrekking tot het Aramis-project waarbij risico's voor emittenten een aandachtspunt zijn.	+	-	-	0/ -	0	-

Inzet op CCS kan kosteneffectief bijdragen aan het halen van klimaatdoelen, waardoor andere, duurdere, maatregelen vermeden kunnen worden. Daarmee levert de inzet op CCS in principe kostenbesparingen elders op ten opzichte van duurdere klimaatinvesteringen. De opbouw van een CCS-infrastructuur vergt echter aanzienlijke aanloopinvesteringen, waarbij de overheid een rol kan vervullen om tekortkomingen van de markt te overbruggen. Het wegnemen van knelpunten kan leiden tot investeringen die anders niet waren gedaan, die kunnen leiden tot extra economische activiteiten en werkgelegenheid. De maatregel laat niet zien op welke wijze investeerders gestimuleerd worden en in hoeverre hun meer-kosten worden vergoed. CCS leidt tot hogere kosten voor bedrijven en huishoudens voor energie en industriële producten, maar tot lagere kosten als hierdoor duurdere maatregelen vermeden kunnen worden. Effecten op biodiversiteit zijn onduidelijk, maar het opslaan van CO₂ onder de grond lijkt veilig te kunnen. Wel kan het aanleggen van grootschalige infrastructuur een negatief effect hebben op biodiversiteit (Zero Emissions Platform, 2022).

5.5 Sector gebouwde omgeving

Stellen of aanscherpen van de normen voor de energieprestatie van gebouwen en energiesystemen voor verwarmen en koelen

De eerste beleidslijn in de gebouwde omgeving heeft betrekking tot normerend beleid, zodat bestaande en nieuwe gebouwen aan duurzaamheidseisen voldoen. De eerste maatregel heeft alleen betrekking op de energieprestatie van gebouwen, de tweede en derde maatregel gaat om bredere milieuprestatie van gebouwen, zie Tabel 25.

Tabel 25 - Stellen of aanscherpen van de normen voor de energieprestatie van gebouwen en energiesystemen voor verwarmen en koelen

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
Implementatie van de EPBD IV. ZEB-eis in 2050. Overweging voor tussentijdse norm in 2040	+	E-	E-	0	+	?
In 2025 scherper stellen van norm voor de integrale milieuprestatie van nieuwe gebouwen om de Whole Life Carbon (-berekeningsplicht) uit de EPBD toe te passen.	+	E-	E-	0	+	?
Ontwikkeling van norm voor integrale milieuprestatie van transformatie/renovatie van bestaande gebouwen.	+	E-	E-	0	+	?

Normerend beleid leidt in de regel op korte termijn tot hogere kosten voor bedrijven en huishoudens, omdat zij, zonder ondersteunend instrumentarium, deze kosten moeten maken. Dit betreft dan met name investeringskosten. Bij koopwoningen zullen deze direct bij de eigenaar-bewoner terechtkomen, bij huurwoningen komen deze bij de verhuurder terecht. Bij de eerste maatregel gaat het alleen om energiegebruik, bij de tweede en derde over de gehele milieuprestatie. Hiermee zal naast energiegebruik van het gebouw, ook gestuurd worden op emissies van materiaalgebruik in het gebouw over gehele levenscyclus.

Deze investeringskosten kunnen bijdragen aan extra productie en werkgelegenheid ten opzichte van een situatie met minder (strengere) normering. Dit kan ten koste gaan van productie en werkgelegenheid in andere sectoren, omdat daar minder in uitgegeven kan worden. Dit kan leiden tot knelpunten, omdat verduurzaming in de gebouwde omgeving tot extra vraag naar technisch geschoolde arbeid leidt, onder meer voor het installeren van warmtepompen en zonnepanelen en het isoleren van woningen. Op langere termijn kunnen energielasten en energiequotes voor huishoudens en bedrijven omlaag, en kunnen investeringen (deels) worden terugverdiend. Bij gebouweigenaren zijn bewoners/eigenaar in principe ook de investeerder van het gebouw. In een huursituatie komen de kosten in principe terecht bij de verhuurder (investeerder) en zal het van de marktsituatie of regelgeving (bijvoorbeeld de Wet betaalbare huur) afhangen in hoeverre deze kunnen worden doorberekend aan de huurder. Een betere energieprestatie kan positieve effecten hebben op de gezondheid. Dit zal met name spelen bij het instrumentarium voor transformatie/renovatie. Voorwaarde hierbij is dat systemen goed zijn ontworpen. Bij nieuwbouw worden de normen scherper gesteld, maar ook bij de huidige normen is de gezondheid in een woning al geborgd en zullen effecten dus beperkter zijn. Effecten op biodiversiteit zijn onzeker, en zullen afhangen van de keuzes die in de bouw gemaakt worden voor het verduurzamen van de woningen. Denk hierbij bij de keuzes van de materialen (biobased) en invulling van de energievoorziening.

Versnelling van de overstap naar alternatieven voor verwarmen met aardgas

De tweede beleidslijn betreft het versnellen van de overstap naar alternatieven voor verwarmen met aardgas. Hierin worden concreet drie technische oplossingsrichtingen genoemd: volledig elektrische individuele warmtepompen; warmtenetten en hybride warmtepompen in combinatie met groengas/waterstof. In Tabel 26 staan de drie maatregelen.

Tabel 26 - Versnelling van de overstap naar alternatieven voor verwarmen met aardgas

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
Inzet op meer volledig elektrische individuele warmtepompen, met effectieve oplossing voor netcongestieproblematiek.	+	E-	E-	0	?	?
Inzet op meer warmtenetten. De Wet Collectieve Warmte (Wcw) biedt hiervoor de basis.	+	E-	E-	0	?	?
Inzet op meer hybride warmtepompen en groen gas en/of waterstof.	+	E-	E-	0	?	?

De warmteopties kunnen leiden tot extra investeringen in de gebouwde omgeving (warmtepompen, warmtenetten) of in de energiesector (ontwikkeling groen gas/waterstof). Dit kan gepaard gaan met extra werkgelegenheid, bijvoorbeeld in de installatiebranche en voor het isoleren van woningen. Hier dient wel voldoende arbeidsaanbod te zijn. Voor alle maatregelen geldt dat instrumentering nog niet is opgenomen in het ontwerp klimaatplan. Hierdoor is het onzeker of kosten direct bij de gebouweigenaar/huurder terechtkomen of worden gesocialiseerd. Als kosten met name bij de eindgebruiker terechtkomen, zullen lage inkomens hier relatief veel van merken. Individuele warmtepompen leiden initieel tot investeringen bij gebouweigenaren; op termijn kunnen deze leiden tot een lagere energierekening bij eindgebruikers, omdat warmtepompen efficiënter zijn dan een cv-ketel. Hierdoor kan de investering worden terugverdiend. Investeringskosten bij warmtenetten zullen fors hoger zijn. Met name hier speelt de kwestie van het socialiseren van de kosten. Zonder socialiseren komen kosten initieel bij de investeerder, die ze vermoedelijk doorberekent aan de eindgebruiker. Afhankelijk van wat de daadwerkelijke kosten zullen zijn zal de energierekening, na inwerkingtreding van de Wet Collectieve Warmte, toe- of afnemen ten opzichte van een situatie zonder warmtenet. Biogas en waterstof zijn voorlopig nog duurder dan aardgas. Hier geldt dat zonder socialisering van de kosten de energierekening van bedrijven en huishoudens zal stijgen. Effecten op gezondheid zijn onduidelijk. Het aardgasvrij maken van woningen kan positieve gevolgen hebben op de luchtkwaliteit in woningen, door het verminderen van verbrandingsprocessen. Daartegenover staat dat buitenunits van warmtepompen geluidshinder kunnen veroorzaken. Dit kan leiden tot onder meer slaap- en concentratieproblemen. Warmtepompen moeten wel aan de eisen van het bouwbesluit voldoen. Ook de aanleg van collectieve warmtevoorzieningen kan op korte termijn tot hinder en daarmee tot negatieve effecten op gezondheid leiden (Gezondheidsraad, 2020).

Financiële ondersteuning na 2030 om verduurzaming van de gebouwde omgeving draagbaar, haalbaar, uitvoerbaar en doelmatig te houden

Deze derde beleidslijn beziet op financiële ondersteuning om verduurzaming van de gebouwde omgeving draagbaar, haalbaar, uitvoerbaar en doelmatig te maken. Dit betreft de inrichting van instrumentarium om de kosten van, onder meer, de maatregelen uit de vorige twee beleidslijnen meer naar draagkracht te kunnen verdelen. Dit draagt bij aan de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van de te nemen maatregelen. Gerichte ondersteuning, zoals subsidies voor lage inkomens en huishoudens met een slecht geïsoleerde woning, kunnen bijdragen aan het draagbaar maken van de verduurzamingsopgave. Ook kan het bijdragen aan het verkleinen van inkomensverschillen.

Ondersteuning aan maatschappelijke organisaties zoals sportverenigingen kan bijdragen aan het behoud en de betaalbaarheid van maatschappelijke activiteiten die bijdragen aan de brede welvaart.

5.6 Sector mobiliteit

Versterken Europese kaders voor verduurzaming mobiliteit

Deze beleidslijn beziet op de Nederlandse inzet voor een ambitieus Europees klimaatbeleid gericht op het behalen van internationale klimaat- en energiebesparingsdoelen. We nemen hierin één maatregel mee, zie Tabel 27.

Tabel 27 - Versterken Europese kaders voor verduurzaming mobiliteit

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
We zetten in op afspraken om de CO ₂ -footprint van voertuigbrandstoffen te verlagen door bindende afspraken te maken over de inzet van hernieuwbare energiedragers in de mobiliteit na 2030.	+	-E	-E	0	?	?

Hernieuwbare energiedragers in de mobiliteit kunnen dieselvervangers zoals FAME en HVO zijn, maar kunnen ook biobrandstoffen of hernieuwbare elektriciteit zijn. Investerings kunnen daarmee gericht zijn om de ontwikkeling en opschaling van hernieuwbare brandstoffen of op de ontwikkeling van elektrische voertuigen en productie van hernieuwbare elektriciteit. Deze extra investeringen kunnen bijdragen aan extra productie en werkgelegenheid. Bedrijven en huishoudens zullen, zonder verdere instrumentering, met hogere kosten te maken krijgen als zij gebruik moeten gaan maken van (voorlopig nog) duurder energiedragers. Dit zal met name impact hebben op sectoren zoals transport en logistiek. Effecten op gezondheid zullen afhangen van het type hernieuwbare energiedrager. Bij elektrisch rijden en inzet van bijvoorbeeld HVO zullen er positieve effecten zijn op de luchtkwaliteit in steden en langs wegen, doordat de uitstoot van NO_x en roet vermindert. Bij biobrandstoffen zullen deze effecten beperkter zijn. Ook op het gebied van biodiversiteit zijn effecten ambigu en afhankelijk van de gekozen optie. Door certificering kunnen de averechtse effecten van biobrandstoffen (ontbossing, ILUC) worden beperkt.

Overkoepelende aanpak, wettelijke borging CO₂-reductie in de luchtvaart en betere beprijzing emissies de luchtvaart

Onder de beleidslijn overkoepelende aanpak worden concreet twee maatregelen genoemd: een CO₂-plafond als borgingsinstrument voor de luchtvaart en een naar afstand gedifferentieerd belastingtarief voor de luchtvaart (vliegbelasting).

Tabel 28 - Overkoepelende aanpak, wettelijke borging CO₂-reductie in de luchtvaart en betere beprijzing emissies de luchtvaart

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
Er wordt onderzocht welke mogelijkheden er zijn om de voortgang van de verduurzaming van de luchtvaart wettelijk te borgen, bijvoorbeeld met een plafond voor CO₂-uitstoot .	-/+	-E	-E	0	+	+
Door het differentiëren van het belastingtarief naar afstand worden de externe kosten van vliegen (milieu, klimaat en andere maatschappelijke kosten) beter geprijsd. Deze maatregel zal vanaf 2027 tot een verwachte jaarlijkse extra budgettaire opbrengst van € 248 miljoen leiden.	0	+S	+S	0	0	0

De eerste maatregel betreft een borgend instrument voor verduurzaming van de luchtvaart. Hierbij wordt een CO₂-plafond expliciet genoemd. In de vorige kabinetsperiode is een principebesluit genomen om een CO₂-plafond per luchthaven uit te werken en in te voeren (Ministerie van I&W, 2023). Luchthavens kunnen zelf invulling geven aan het budget.

Effecten zijn ambigu. Luchthavens kunnen inzetten op meer efficiënte vliegtuigen, bijvoorbeeld door differentiatie van luchthavengelden. Ook kan het plafond aanzetten tot meer innovatie, waardoor meer met CO₂-vrije brandstoffen gevlogen gaat worden. Dit kan leiden tot extra investeringen en werkgelegenheid, in bijvoorbeeld R&D. Kosten (hogere luchtvaartgelden, brandstofkosten) kunnen vermoedelijk (deels) worden doorberekend aan de reiziger. Partijen die veel vliegen krijgen hierdoor met hogere kosten te maken. Dit zijn met name hoge inkomensgroepen en zakelijke reizigers (KiM, 2018). Als er geen mogelijkheden zijn voor innovatie kan zo'n plafond leiden tot minder vliegbewegingen en lucht-havenactiviteit ten opzichte van een situatie zonder plafond. Macro-economisch nemen hierdoor werkgelegenheid en productie af. Voor bedrijven en huishoudens zal dit leiden tot hogere ticketprijzen en minder vliegbewegingen. Effecten op gezondheid van omwonenden en biodiversiteit zullen positief zijn door minder uitstoot van roet en NO_x. Dit speelt zowel bij minder vluchten als bij duurzamer vliegen. Bij minder vliegen zal minder geluidsoverlast positief zijn voor de gezondheid van omwonenden.

Een gedifferentieerde CO₂-belasting leidt naar verwachting tot jaarlijks € 248 miljoen extra belastingopbrengsten. Deze kunnen ten goede komen aan de algemene middelen, hierdoor profiteren alle huishoudens en bedrijven. Bedrijven en huishoudens die ver vliegen betalen de rekening. Dit zijn met name hoge inkomensgroepen en bedrijven. Waarschijnlijk is er geen effect op het aantal vliegbewegingen en zijn er geen sterke macro-economische effecten. Ook zullen er dan geen significante effecten zijn op gezondheid en biodiversiteit.

Investerings gericht op het versnellen en opschalen van innovaties voor het verduurzamen van de luchtvaart en scheepvaart

Deze beleidslijn richt zich op het versnellen en opschalen van innovaties voor het verduurzamen van de lucht- en scheepvaart. Hiervoor worden twee maatregelen genoemd, zoals te zien is in Tabel 29.

Tabel 29 - Investerings gericht op het versnellen en opschalen van innovaties voor het verduurzamen van de luchtvaart en scheepvaart

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
Het Groeifondsprogramma Luchtvaart in Transitie is erop gericht om innovaties voor het verduurzamen van de luchtvaart (vooral gericht op waterstof) te versnellen in de periode 2023-2030. De Nederlandse inzet is gericht op het uitwerken van stimuleringsbeleid om tot opschaling van deze technologieën te komen.	+	0 / S+	0 / S+	0 / +	+/-	+/-
Om de concurrentiekracht te versterken en om in 2050 klimaatneutraal te kunnen zijn moet de energietransitie in de scheepvaart al de komende jaren in gang worden gezet. Hiervoor worden stimuleringsgelden beschikbaar gesteld: voor innovatie, onderzoek en kennisontwikkeling, en voor investeringen gericht op het om- of nieuwbouwen van schepen toegerust met duurzame aandrijflijnen. Dit zal verder worden vormgegeven en uitgevoerd. Voorbeelden zijn het Maritiem Masterplan, Klimaatfonds-middelen voor zee- en binnenvaart, en walstroomregelingen.	+	S-	S-	0	+/-	+/-

Bij de eerste maatregel worden Groeifondsmiddelen ingezet om verduurzamingsinnovaties in de luchtvaart te versnellen. Het gaat hierbij om een toegekende bijdrage van € 264 miljoen en een voorwaardelijke bijdrage van € 119 miljoen, waarvan € 73 miljoen inmiddels is toegekend. Groeifondsprojecten hebben als doel om bij te dragen aan het duurzame verdienvermogen van Nederland. Dit kan leiden tot extra investeringen en werkgelegenheid. Het effect op het verdienvermogen hangt af van Nederlands succes in internationaal concurrerende markten én van effectief aangrenzend beleid. Voor bedrijven in de luchtvaartindustrie kunnen de groeifondsinvesterings, indien succesvol, leiden tot lagere kosten ten opzichte van een situatie zonder dit beleid. Dit kan positieve effecten hebben voor bedrijven en huishoudens die gebruik maken van de luchtvaart. Het geld voor het groeifonds is geleend buiten de gewone begroting, hierdoor gaat het niet ten koste van gewone uitgaven. Wel neemt de staatschuld toe, de rente is echter laag. Vliegen op waterstof kan positief zijn voor de gezondheid van omwonenden en biodiversiteit omdat de uitstoot NO_x en fijnstof vermindert. Het totale milieueffect is onzeker, omdat de productie van waterstof veel extra elektriciteitsproductie vereist.

Ook voor de scheepvaart komen stimuleringsgelden beschikbaar. Deze komen echter niet uit het groeifonds, maar uit het Klimaatfonds en overige middelen. Het Klimaatfonds is een begrotingsfonds, dit is een apart onderdeel van de Rijksbegroting. Stimuleringsgelden kunnen dus leiden tot hogere belastingdruk of minder uitgaven aan andere doelen. Dit leidt dus tot negatieve effecten voor bedrijven en huishoudens door hogere belastingen of besparing op andere doelen. Extra investeringen kunnen bijdragen aan werkgelegenheid en productie. Effecten op biodiversiteit en gezondheid zijn waarschijnlijk ook positief door het vervangen van fossiele brandstoffen door duurzame aandrijfmiddelen. Het totale effect zal echter afhangen van de totale ketenemissies.

Maatregelen gericht op het opschalen van duurzame brandstoffen voor de lucht- en scheepvaart

De derde beleidslijn voor mobiliteit betreft het gericht opschalen van duurzame brandstoffen voor de lucht- en scheepvaart. Onder deze beleidslijn staat zeven maatregelen. Dit samenhangende pakket moet bijdragen aan de gewenste opschaling. Zo wordt er ingezet op mondiale regelgeving en is het beleid gericht op het bieden van investeringszekerheid voor producenten. In Tabel 30 zijn de meest concrete maatregelen opgenomen.

Tabel 30 - Maatregelen gericht op het opschalen van duurzame brandstoffen voor de lucht- en scheepvaart

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
Stimulering nieuwe technieken duurzame luchtvaartbrandstoffen via de Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+) regeling, bijvoorbeeld door alcohol-to-jet en synthetische luchtvaartbrandstoffen.	+	S-	S-	0	+	+
Vanuit het Klimaatfonds zijn middelen gereserveerd om nieuwe productiemethoden op te schalen.	+	S-	S-	0	+	+

Beide maatregelen bieden financiële ondersteuning om duurzame brandstoffen te ontwikkelen. De DEI+ richt zich meer op innovatieve technieken met een lager TRL-niveau die nog moeten worden gedemonstreerd terwijl het Klimaatfonds zich op opschaling van technieken met een hoger TRL-niveau richt. Innovatie, demonstratie en opschaling moeten leiden tot extra investeringen, productie en werkgelegenheid op de lange termijn. Op korte termijn resulteert dit in extra lasten die uit de publieke middelen bekostigd worden. Op de langere termijn moet innovatie leiden tot kostendalingen voor eindgebruikers, en kunnen bedrijven en huishoudens profiteren. Duurzame brandstoffen kunnen positieve effecten hebben op gezondheid en biodiversiteit als deze innovaties leiden tot minder uitstoot van luchtvervuilende stoffen. De omvang van de baten hangt wel af van de productiewijze van de nieuwe brandstoffen.

5.7 Sector landbouw

Sturen op sector- en bedrijfsspecifieke doelen in de landbouw

De eerste beleidslijn in de landbouw richt zich op het stellen van broeikasgasdoelen voor de sector en op langere termijn voor broeikasgasnormen per bedrijf. Dit normerend beleid zal er toe moeten leiden dat bedrijven investeringen gaan doen om aan die normen te kunnen voldoen. Het Klimaatplan noemt drie maatregelen, zie Tabel 31.

Tabel 31 - Sturen op sector- en bedrijfsspecifieke doelen in de landbouw

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
Vertalen landelijke klimaatopgave naar sectorale, bedrijfsspecifieke broeikasgasdoelen.	?	S- /0	S- /0	S- /0	?	?
Bepalen richtinggevend emissiegetal, als basis voor informeren, stimuleren en verantwoorden.	?	S- /0	S- /0	S- /0	?	?
Aankondigen en, na overgangperiode, instellen van broeikasgasnorm per bedrijf.	?	S- /0	S- /0	S- /0	?	?

In de landbouw zijn verschillende mogelijkheden om de broeikasgasuitstoot (het gaat hierbij met name om methaan) te verlagen, onder meer door veevoeraanpassingen of door andere keuzes bij de opfok van dieren. Zonder stimulerend beleid, dat is de volgende beleidslijn, zullen investeringskosten bij agrariërs terechtkomen. In hoeverre dit daadwerkelijk tot significante macro-economische effecten leidt zal afhangen van de keuzes in investeringen en hetgeen het vervangt. Zo zal een overstap van grasland naar maisland geen grote effecten op productie en werkgelegenheid hebben, hooguit een verschuiving van eigen werk richting loonwerk. Ook het fokken van andere rassen hoeft niet tot extra economische groei te leiden. Hogere kosten kunnen deels worden opgevangen als zuivelbedrijven bereid zijn om een premie op de melkprijs te geven bij een lagere klimaatimpact of als dit worden meegewogen in de marktprijs van dieren. In dat geval zullen kosten bij eindgebruikers terechtkomen (bedrijven en consumenten). Lage inkomens geven gemiddeld een iets groter deel van hun inkomen uit aan voeding (CBS, 2022) en zullen dus meer van hogere prijzen merken, bij een gelijkblijvend dieet. Zonder doorberekening gaan kosten ten koste van het verdienmodel in de landbouw. Effecten op biodiversiteit en gezondheid zullen afhangen van de keuzes die agrariërs maken om aan de normen te kunnen voldoen.

Hierbij is er sprake van een sterk positieve relatie tussen broeikasgasuitstoot en uitstoot van luchtvervuilende stoffen zoals stikstof en fijnstof, die nadelige effecten hebben op gezondheid en biodiversiteit. Maatregelen gericht op extensivering zullen doorgaans ook positief uitpakken op luchtvervuilende emissies. Hoe dit is bij andere maatregelen, zoals het fokken van andere rassen en andere keuzes in voedsel, is niet duidelijk.

Stimulerend pakket om implementatie van innovaties te bevorderen

De volgende beleidslijn betreft een stimulerend pakket om implementatie van innovaties te bevorderen. Deze innovaties kunnen (deels) bijdragen aan het behalen van de broeikasgasdoelen uit de vorige beleidslijn en door het stimulerend pakket kunnen die kosten (deels) worden gesocialiseerd, waardoor kosten bij alle huishoudens en bedrijven terechtkomen en minder bij de agrariërs zelf. De omvang van de meerkosten ten opzichte van een regulier alternatief zal per type techniek verschillen. Investing in koolstofvastlegging middels bijvoorbeeld vezelgewassen biedt een alternatief verdienmodel voor de agrarische sector. Momenteel is hier echter nog onvoldoende markt voor. Als deze markt zich ontwikkelt, en reguliere landbouw verdringt, kan dit een positief macro-economisch effect hebben.

Biologische landbouw heeft door het gebruik van minder kunstmest lagere broeikasgas-emissies en kan ook een positieve bijdrage leveren aan de biodiversiteit. Ook het telen van vezelgewassen heeft een positief effect op de biodiversiteit.

Tabel 32 - Stimulerend pakket om implementatie van innovaties te bevorderen

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
Nieuwe technieken: o.a. door stalaanpassingen, en andere manieren van mestopslag, -bewerking en -plaatsing.	+	S-	S-	0	?	?
Managementmaatregelen: door ander diervoer of voeradditieven toe te passen.	+	S-	S-	0	?	?
Fokkerij: met andere rassen of middels fokkerij de uitstoot van methaan per dier te verminderen.	+	0/S-	0/S-	0	?	?
Biologische landbouw: o.a. door gebruik van minder (kunst)mest.	+	S-	S-	0	+	+
Telen van onder andere vezelgewassen voor duurzame biograndstoffen die gebruikt kunnen worden voor o.a. de chemie en de bouw.	+	S-	S-	0	+	+
Koolstofvastlegging, bijvoorbeeld in vezelgewassen, en emissiereductie stimuleren door afspraken met en financiële bijdragen van de verwerkende (voedsel)industrie en een markt voor koolstofvastlegging, bij voorkeur in Europees verband.	+	S-	S-	0	+	+

Uitwerken van instrumentarium voor de glastuinbouw na 2030

Het instrumentarium in de glastuinbouw bevat een balans tussen beprizen, normeren en subsidies, zie Tabel 33.

Tabel 33 - Uitwerken van instrumentarium voor de glastuinbouw na 2030

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
Instrumentarium bevat een balans tussen beprizen, normeren en subsidies conform de ambitie uit het convenant energietransitie glastuinbouw.	+	?	?	?	?	?
De individuele CO ₂ -heffing glastuinbouw werkt daarbij als sluitstuk om het restemissiedoel dat voor de periode na 2030 afgesproken wordt te halen.	+	0/S-	0/S-	0/-	?	?
Verkenning overheidssturing voor de opbouw van alternatieve (biogene) CO ₂ -levering (naast de SDE++ voor CCU-projecten). Dit gebeurt in samenhang met ambities voor CCU in andere gebruikssectoren, CCS en koolstofverwijdering (zie ook maatregel S2).	+	S-	S-	0	?	?

De individuele CO₂-heffing zal bedrijven moeten aansporen om emissies te verlagen tot het gestelde restemissiedoel. Dit zal investeringen in emissie-reducerende technieken en warmte-opties moeten aanwakken, hetgeen kan leiden tot extra investeringen. De mate waarin subsidies de onrendabele top van investeringen afdekken zal bepalen in hoeverre kosten worden gesocialiseerd of bij de investeerder/eindgebruiker terechtkomen. Er zijn al supermarkten die zeggen dat ze een duurzaamheidsvergoeding willen opnemen in hun inkoopprijs.

Hiermee kunnen tuinders worden gecompenseerd die extra kosten maken voor duurzamere teelt. Kosten voor eindgebruikers zullen wel omhoog gaan; hier zullen lage inkomensgroepen iets meer van merken dan hogere inkomensgroepen, omdat zij een iets groter deel van hun inkomen uitgeven aan voeding. In sterk internationale en competitieve segmenten van de glastuinbouw kunnen klimaatkosten ten koste gaan van het verdienmodel en de concurrentiepositie. Effecten op gezondheid en biodiversiteit zullen afhangen van de keuze van de alternatieve warmte-optie.

5.8 Circulaire economie

Versnelling programma circulaire economie

In een circulaire economie worden spullen die nu nog als afval worden gezien, hergebruikt. Het beleid rondom de circulaire economie richt zich op het zuiniger om te gaan met grondstoffen. De beleidslijn versnelling programma circulaire economie bevat zeven maatregelen hierop gericht, zie Tabel 34.

Tabel 34 - Versnellen circulaire economie

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
De productgroep-gebaseerde aanpak van het NPCE wordt verbreed naar andere productgroepen met groot maatschappelijk belang, zoals elektrolyzers en batterijen voor duurzame mobiliteit.	-	?	?	?	+	+
Er wordt gekeken hoe circulair gedrag verder gefaciliteerd en gestimuleerd kan worden. Centraal staat het makkelijk, logisch en eerlijk maken van circulaire keuzes door het anders inrichten van de fysieke, economische en sociale omgeving.	-	0	0	0	+	+
Naar aanleiding van de evaluatie afvalstoffenbelasting wordt gezien of circulariteit verder kan worden gestimuleerd via dit instrument. Binnen de EU wordt ingezet op het waar mogelijk verplicht belastingen van afvalverbranding.	0	0	0	-	+	+
Inzet op innovatie die bijdraagt aan circulariteit van de productgroepen in het NPCE, met speciale aandacht voor kritieke grondstoffen, bijvoorbeeld via de DEI+-regeling, KIA CE-regeling en de Regeling milieu-investeringsaftrek (MIA).	+	S-	S-	0	+	+
Creëren van de juiste voorwaarden voor een goede businesscase voor circulaire ondernemers met beprijzende en normerende maatregelen, waar mogelijk op EU-niveau. Dit betekent ook dat de bestaande of mogelijk toekomstige subsidie-instrumenten voor uitrol en opschaling toegankelijker worden voor circulaire ondernemers in de productgroepen van het NPCE.	+	S-	S-	0	+	+
Verkenning naar financiële prikkels voor meer circulaire omgang met grondstoffen, zoals een mogelijke belastingverschuiving van arbeid naar grondstoffen, materialen, emissies en afval; ook gelet op de aanhoudende krapte op de arbeidsmarkt en het feit dat de transitie naar een circulaire economie gepaard gaat met meer vraag naar arbeid voor reparatie, recycling, hergebruik, etc.	0	0	0	0	+	+
Als onderdeel van het bredere pakket is het kabinet van plan om per 2028 een heffing op plastic in te voeren. Najaar 2024 wordt in kaart gebracht hoe de heffing kan worden vormgegeven en wat de beleids-effecten zijn. Ook wordt gekeken wat mogelijke alternatieve beprijzingsmaatregelen zijn voor het stimuleren van circulair plastic. Op basis hiervan vindt bij VJN2025 besluitvorming plaats.	-	0	0	-	+	+

Maatregelen zijn gericht op de gehele keten, van ontwerp/productie tot gebruik en afdanking. In de ontwerp/productiefase gaat het hierbij om het gebruik van minder grondstoffen, substitutie naar secundaire grondstoffen, minder kritieke of biograndstoffen en levensduurverlengende ontwerpen. Alle maatregelen, uitgezonderd faciliteren van circulair gedrag en de afvalstoffenbelasting, richten zich (ook) op deze fase. Circulair gedrag komt in alle fases tot uiting, van keuze van een product, van duurzaam gebruik tot de duurzaamste manier van afdanking. Ook de verkenning van financiële prikkels heeft betrekking op deze fase. In de afdankingsfase wordt een product hergebruikt, gerecycled of verbrand. De afvalstoffenbelasting richt zich op het bieden van de juiste prikkel om hergebruik en recycling zo veel mogelijk te stimuleren. Macro-economisch leidt een transitie naar de circulaire economie naar een verschuiving van natuurlijke hulpbronnen naar arbeid. Doordat goederen langer meegaan en grondstoffen vaker worden hergebruikt, kan de

productie dalen. Wel kan dit, bij voldoende arbeidsaanbod, leiden tot meer werkgelegenheid, onder meer in de reparatiesector. Ook kan de transitie op korte termijn extra investeringen uitlokken in nieuwe bedrijvigheid. Effecten voor huishoudens en bedrijven zullen afhangen van de meerkosten van de circulaire verdienmodellen en de mate waarin kosten gesocialiseerd worden. Op lange termijn kan er juist sprake zijn van lagere kosten voor bedrijven en huishoudens, ten opzichte van een meer lineaire economie. Door in te zetten op bijvoorbeeld reparatie, middels normering en meer recycling, en hergebruik door het verder beprijsen van afvalverbranding, kunnen verdienmodellen van de grond komen die tot lagere kosten voor eindgebruikers leiden. Deze lagere kosten kunnen hogere kosten van klimaatbeleid (deels) mitigeren. Hierbij is de toegang tot (digitale) platforms en de effecten op lagere inkomensgroepen een aandachtspunt. Effecten op gezondheid zijn waarschijnlijk positief door onder meer minder microplastics en minder verbranding van fossiele brandstoffen en producten. Minder grondstofuitputting en meer inzet op biologische materialen kan positief bijdragen aan de biodiversiteit.

5.9 Omgang met schaarste in het energiesysteem

Systeemaanpak waterstof

De systeemaanpak waterstof richt zich op het wegnemen van knelpunten en het stimuleren van vraag en aanbod in de waterstofeconomie. Om dit te bereiken worden, te zien in Tabel 35, vier maatregelen voorgesteld.

Tabel 35 - Systeemaanpak waterstof

Maatregel	Macro	Bedrijven	Huishoudens	Investeerder	Gezondheid	Biodiversiteit
Realisatie van transport- en import- en opslaginfrastructuur. Het kabinet zet in op de realisatie van een landelijk transportnet voor waterstof.	+	S-	S-	0	?	?
Opschaling van binnenlandse elektrolysecapaciteit. Het kabinet streeft naar 4 gigawatt elektrolysecapaciteit in 2030 gekoppeld aan de beoogde uitrol van WOZ. Daarvoor ondersteunt het elektrolyseproject met subsidies en beleid gericht op eindgebruikers, en zet het in op het creëren van de juiste randvoorwaarden.	+	S-	S-	0	?	?
Ontwikkeling van internationale waterstofhandel met duurzame lokale impact. Het kabinet faciliteert de import van waterstofdragers door selectieve ondersteuning en het realiseren van de juiste randvoorwaarden (waaronder veiligheid en infrastructuur).	0	S+	S+	+	?	?
Verduurzaming van eindgebruikers. Het kabinet ziet de grootste rol voor koolstofvrije waterstof bij verduurzaming van eindgebruikers op korte termijn in de industrie en mobiliteit. Het kabinet beoogt gebruik van hernieuwbare waterstof in deze sectoren dan ook te stimuleren, met een mix van normering en subsidiëring.	+	S-	S-	0	?	?

De eerste twee maatregelen richten zich op de versnelling van fysieke investeringen om de waterstofeconomie van de grond te krijgen. Dit is positief voor werkgelegenheid en productie. Voorwaarde is wel dat er geen knelpunten zijn op de arbeidsmarkt. Bij beide maatregelen is het waarschijnlijk dat de overheid een deel van de kosten voor haar rekening neemt, of zijn al toezeggingen gedaan. Dit betekent dat de kosten deels gesocialiseerd worden en verdeeld worden over alle huishoudens en bedrijven.

Door het ontwikkelen van een internationale waterstofhandel en het faciliteren van de import van waterstofdragers verbetert de leveringszekerheid van waterstof. Ook kan het bijdragen aan lagere kosten voor eindgebruikers, omdat productie in andere landen goedkoper kan zijn. De vierde maatregel betreft het stimuleren van eindgebruikers om groene waterstof in te zetten in hun productieproces, ten einde bindende EU-waterstofdoelen te behalen. Investerings in eigen productie kunnen bijdragen aan werkgelegenheid en BBP-groei. Bij import van waterstof is dit effect beperkter. Het subsidiëren van meer kosten van het gebruik van waterstof zorgt ervoor dat de kosten niet bij investeerders/eindgebruikers terecht komen, maar dat alle bedrijven en huishoudens meebetalen. Het gebruik van waterstof kan op industriële locaties tot gezondheidsbaten leiden, omdat er minder emissies zijn van luchtvervuilende stoffen. Over de gehele keten zal dit afhangen van de wijze waarop de waterstof wordt geproduceerd en getransporteerd.

5.10 Conclusies

- Macro-economie: Maatregelen die aanzetten tot extra binnenlandse investeringen kunnen bijdragen aan toename van productie en werkgelegenheid. Omvang van investeringen verschilt sterk per onderwerp, met name investeringen in kernenergie en waterstof zijn significant. Omvang van investeringen zegt niet iets over doelmatigheid.
- Effecten voor bedrijven, publieke en maatschappelijke organisaties, huishoudens en investeerders: Het type instrumentarium bepaalt hoe kosten worden verdeeld. Bij normeren komen kosten primair bij investeerder en kunnen worden doorberekend aan eindgebruiker (bedrijven en huishoudens; middels hogere energierekening, productprijzen). Bij huishoudens gaat dit ten koste van de koopkracht; bij bedrijven en organisaties gaan productiekosten of bedrijfskosten omhoog. Bij subsidiëring worden kosten gesocialiseerd of komen terecht bij huishoudens/bedrijven, middels hogere belastingen of korting op andere uitgaven. Bij Groeifondsuitgaven speelt dit in principe niet, omdat dit fonds buiten de begroting om functioneert. Het is gefinancierd met geleend geld tegen een lage rente. Het type instrumentarium is vaak nog niet ingevuld. Hier zit dus nog een keuze in.
- Gezondheid en biodiversiteit: Effecten op gezondheid en biodiversiteit zijn vaak lastig in te schatten omdat we niet weten wat voor techniek gebruikt gaat worden of welk alternatief vervangen wordt. Ook kan er sprake zijn van verplaatsing van effecten (bijvoorbeeld bij het vervangen van aardgas naar groene waterstof).
- Circulaire economie wijkt af van andere onderwerpen, omdat het inzet op vraagreductie en substitutie van natuurlijke hulpbronnen naar arbeid. Dit leidt dus tot minder bestedingen in consumptiegoederen, maar wel tot meer werkgelegenheid. Nieuwe bedrijfsmodellen kunnen wel tot investeringen leiden (die oude deels verdringen). Inzet op de circulaire economie kan tot lagere kosten leiden voor eindgebruikers, onder meer door meer reparatie en hergebruik. Dit kan hogere kosten voor klimaatbeleid in bijvoorbeeld S3 gedeeltelijk mitigeren.

6 Conclusies

6.1 Inleiding

Het Nederlandse Klimaatplan is een beleidsdocument waarin de strategie uiteen wordt gezet om klimaatverandering tegen te gaan en de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Met het Klimaatplan wil de Rijksoverheid de doelen uit de Nederlandse Klimaatwet halen. In deze studie gaan we dieper in op de sociaaleconomische gevolgen van het Klimaatplan 2025-2035, de tweede editie van het Klimaatplan en richt zich op de beleidsagenda voor de periode 2025-2035. De impact van het Klimaatplan wordt gepresenteerd aan de hand van drie scenario's, die van elkaar verschillen wat betreft de emissiereductiedoelstellingen voor 2040 (ten opzichte van 1990). Alle scenario's zijn gericht op het bereiken van klimaatneutraliteit in 2050 en kennen hetzelfde startpunt in 2030 (emissieniveau behorend bij 55%-reductie). Deze scenario's onderscheiden zich van elkaar op doelstellingen ten aanzien van de hoeveelheid verminderde GHG-emissies in 2040 ten opzichte van 1990:

- S1: tot 80% vermindering;
- S2: 85-90% vermindering;
- S3: 90-95% vermindering.

Bij de doorrekening is op het gebied van internationaal klimaatbeleid aangesloten bij de uitgangspunten van het Europese Impact Assessment. Hierin wordt aangenomen dat landen buiten de EU eveneens klimaatbeleid implementeren, maar dit minder snel doen dan de Europese landen. Niet-Europese landen voeren klimaatbeleid in lijn met hun '*Nationally Determined Contributions*'. Voor de methode zijn twee benaderingen gevolgd: een doorrekening met het macro-economische model E3ME en een doorvertaling van de Europese impactanalyse.

6.2 Conclusie macro-economische gevolgen

Wij presenteren aan de hand van de onderzoeksvragen de conclusies die uit deze analyse getrokken kunnen worden.

Financiële positie huishoudens

Consumptieve bestedingen nemen toe met circa 20% in 2040 en 40% in 2050, een toename van respectievelijk 1,0 en 1,2% per jaar. De ontwikkelingen in de consumptieve bestedingen van huishoudens is een mix van verschillende onderliggende factoren die positief en negatief uitpakken. In Tabel 36 gaan we kwalitatief in op deze onderliggende factoren. Daarbij merken we op dat de effecten niet zijn afgezet tegenover een scenario zonder het klimaatbeleid.

In de beoogde energietransitie zal enerzijds een groter beslag worden gelegd op beschikbaar privévermogen en leningen, en zullen noodzakelijke uitgaven om huizen te verduurzamen en over te stappen op elektrische auto's ten kosten gaan van koopkracht van huishoudens. Anderzijds zullen consumptieve bestedingen positief beïnvloed worden door verminderde uitgaven aan fossiele brandstoffen (aardgas, benzine en diesel).

Tabel 36 - Effecten op financiële positie huishoudens

Component	Effecten op bestedingsruimte van huishoudens in 2040
Toename gemiddelde inkomens als gevolg van BBP-groei (autonome ontwikkeling) t.o.v. 2023.	Effect positief
Toename van beslag op privévermogen of leningen consumenten ter voorfinanciering investeringen.	Effect negatief
Besparingen uitgaven energie en brandstoffen (a.g.v. isolatie, warmtepompen, mobiliteit).	Effect positief
Effecten prijs energie- en koolstof-intensieve producten (inclusief CO ₂ -rechten, en ander kostprijsverhogend beleid*).	Effect negatief
Effect terugsluis van CO ₂ -rechten.**	Effect positief

* Denk bijvoorbeeld aan de groen gas-leveringsverplichting die energiekosten verhoogd voor huishoudens.

Er treedt daarnaast een inflatoir effect op (stijging van de inflatie) als gevolg van de doorberekening van de ETS-prijs op geconsumeerde energieproducten en koolstof-intensieve consumptie. In de modelruns is verder aangenomen dat de opbrengsten van het veilen van EU-emissierechten (die voor een groot deel beschikbaar zijn voor Nederland) teruggegeven worden in de vorm van verlaging van winst- en arbeidsbelastingen op nationaal niveau. Dit zou een positief effect hebben op de besteedbare inkomens van huishoudens.

Gevolgen voor energiesysteemkosten

De drie scenario's leiden ertoe dat energiesysteemkosten (zoals voor elektriciteit, woningisolatie en transport) in absolute zin toenemen. Dat remt, zeker op korte termijn, consumptieve bestedingen. Echter op langere termijn (tot 2050) zijn de effecten positief op consumptieve bestedingen, met inachtneming van lagere energie- en brandstofkosten voor energie en mobiliteit. De totale energiesysteemkosten nemen met ongeveer 40% toe ten opzichte van 2011-2020. Het BBP groeit in gelijke mate, waardoor de energiesysteemkosten als aandeel van het BBP ongeveer gelijk blijft.

Echter, hogere investeringsniveaus in het energiesysteem impliceren ook hogere energiesysteemkosten voor huishoudens en bedrijven in de economie. In de onderzochte scenario's worden kapitaallasten twee tot drie keer hoger ten opzichte van 2011-2020. De operationele kosten, vooral voor fossiele brandstoffen, nemen af. Hierbij is wel de vraag in welke mate de belastingbetaler de maatregelen financiert (bijvoorbeeld bij subsidiëring van meer-kosten, denk aan opvolger van SDE++) of dat de gebruiker dit betaalt via de energieprijzen (bij directe doorberekening, denk aan ETS). Linksom of rechtsom betaalt de consument de rekening, hetzij via hogere belastingen of via hogere prijzen voor koolstof-intensieve producten. Tegenover de hogere energiekosten staat wel een vergelijkbare toename van het gemiddelde inkomen.

Effecten van leefstijlveranderingen

Brede maatschappelijke trends kunnen zorgen voor kostenbesparingen en vermeden investeringen. Het LIFE-scenario rekent de effecten door van duurzame trends zoals efficiënter gebruik maken van energie, verschuiving naar gedeelde mobiliteit, verbeterd hergebruik en verminderde voedselverspilling.

Vanwege verminderde vraag naar energie dalen de investeringsbehoefte en energiesysteemkosten respectievelijk met 8.3 en 3.6% ten opzichte van S3. Duurzame trends verlagen het benodigde kapitaal en hebben een dempende werking op de prijsstijgingen die het Klimaatplan met zich mee brengt.

Werkgelegenheid en opleiding (inclusief investeringen)

Om inzicht te geven in de benodigde investeringen is er een doorvertaling gemaakt van het Europese investeringsniveau naar Nederland. Er zijn daarbij geen gedetailleerde investeringsplannen voor particulieren, bedrijven en netbeheerders opgesteld. Uit deze analyse blijkt dat investeringen in de energietransitie opgeschaald moeten worden om een overgang naar een volledig klimaatneutraal energiesysteem te realiseren. Zo zijn er investeringen nodig op het gebied van de energie-infrastructuur en installaties in zon, wind, waterkracht, biomassa, groen gas en daarnaast groene moleculen (zoals groene waterstof als grondstof voor industrie). Nederland zal naar verwachting twee keer zo veel moeten investeren in de energietransitie ten opzichte van het huidige niveau van investeringen, waardoor investeringen toenemen van 4,5% van het BBP tot 6,1% van het BBP. Investeringsbehoeften over de gehele periode zijn nagenoeg gelijk in alle drie de scenario's. Wel zal een ambitieuzer tijdspad (S3) een verdere 'frontloading' van investeringen in de periode 2030-2040 met zich meebrengen. De investeringsopgave is bepaald aan de van een doorvertaling van het Europese investeringsniveau naar Nederland.

Hogere investeringsniveaus brengen voor de gehele economie een geleidelijke toename van werkgelegenheid met zich mee. Hiermee bedoelen we dat de vraag naar arbeid in de gehele waardeketen van nieuwe energietechnieken significant zal toenemen. Dit komt met name door de sterke toename van de werkgelegenheid in de hernieuwbare energiesector. Zo zullen er meer arbeidskrachten nodig zijn om extra windparken en zonnepanelen aan te leggen en te onderhouden. De werkgelegenheid in de fossiele industrie neemt af, in lijn met de uitfasering van CO₂-emissies. Wel zal een deel van de oliaffinaderijen omgebouwd moeten worden om aan de vraag naar koolstofarme olieproducten voor niet-energie doeleinden te voldoen.

Gevolgen voor arbeidsmarkt en opleidingen

Er zijn met name technische opleidingen nodig om in de arbeidsvraag te voldoen. De transitie leidt in specifieke sectoren tot meer mbo-gerelateerde banen, dit geldt echter niet voor de autonome arbeidsvraag vanuit de gehele economie. Het arbeidsaanbod wordt ingevuld door opleidingen, zijnstroom (om- en bijscholing) en arbeidsmigratie. Zowel de instroom vanuit opleidingen als de zijnstroom zal naar verwachting de komende jaren beperkt toenemen, onder andere doordat het aantal jongeren dat de arbeidsmarkt instroomt lager is dan de afgelopen jaren en de ontwikkeling van de economische conjunctuur. Instroom vanuit het buitenland via arbeidsmigratie blijft daarom relevant (CE Delft, 2023a).

Gezien de huidige krapte op de arbeidsmarkt en de vergrijzing van de beroepsbevolking vormen de tekorten op de arbeidsmarkt een spelbreker voor de energietransitie. Juist bij beroepen gekoppeld aan de overgang naar klimaatneutrale energie blijkt het extra moeilijk om aan personeel te komen. Naarmate voorgenoemde investeringen in de energietransitie verder opschalen, wordt beschikbaarheid van personeel een groter struikelblok. De conjuncturele ontwikkeling is hierin de grote onzekere factor: een haperende wereld-economie kan mogelijk meer lucht bieden om de grote hoeveelheid onvervulbare vacatures in te vullen. Ook bij afkoeling van de (wereld)economie blijft de krapte op de arbeidsmarkt overigens een belangrijk aandachtspunt.

Verhoging van de arbeidsproductiviteit door robotisering, digitalisering, inzet van AI en drones is zeker een reële optie, maar de potentiële arbeidsproductiviteitswinst in deze installatie-gerelateerde beroepen is echter nog in hoge mate onzeker.

Ontwikkeling economie

De verwachting is dat onder de drie verschillende reductiescenario's (S1, S2 en S3) het BBP (in prijzen van 2015) met zo'n 20% zal groeien in 2040 ten opzichte van het niveau van 2023. De verschillen van één emissiescenario ten opzichte van een ander (S1, S2 en S3) zijn naar verwachting gering. We concluderen daarom dat over het algemeen slechts zeer beperkte effecten kunnen voordoen door een strikter/sneller reductiepad voor CO₂ in 2040 te kiezen ten opzichte van een meer lineair pad tussen 2030 en 2050.

De effecten op de handelsbalans zijn naar verwachting negatief in de periode 2030-2050. Daarin zijn verschillen tussen een ambitieuzer en een minder ambitieus reductiepad. Hoe strikter het reductiepad (S3), des te groter de afhankelijkheid in Nederland van buitenlandse handel in kritische materialen en grondstoffen.

Betrouwbaarheid van de energievoorziening

In de doorrekening is het effect op de betrouwbaarheid van de energievoorziening geen resultaat. De betrouwbaarheid en technische inpassing van hernieuwbare energiesysteem is wel als uitgangspunt genomen in de Europese modellering.

6.3 Conclusie brede welvaart

Totstandkoming eerlijke energievoorziening

Gemiddeld genomen profiteren alle inkomensgroepen van een inkomensstijging als gevolg van positieve economische groei. Hogere inkomenskwintielen profiteren in absolute zin (hoeveel euro's het inkomen stijgt) meer dan lagere inkomenskwintielen, wat de inkomensongelijkheid in Nederland vergroot.

Ondanks dat besteedbare inkomens gemiddeld genomen toenemen over tijd, zullen niet alle Nederlanders er in besteedbaar inkomen op vooruit gaan. Huishoudens die in hun inkomen niet profiteren van de economische groei zijn kwetsbaar voor de prijsstijgingen die het Klimaatplan met zich mee brengt, en zien hun koopkracht (zonder gerichte beleidsinterventies) afnemen. Het risico op energiearmoede is groter bij lagere inkomensgroepen. Verhoogde energiesysteemkosten drukken relatief zwaar op lagere inkomensgroepen, omdat zij een groter deel van hun inkomen aan energie besteden en minder mogelijkheden hebben om te investeren in energiebesparende maatregelen. Met name huishoudens zonder toegang tot de arbeidsmarkt, zoals die met een bijstandsuitkering, profiteren niet van economische groei en zijn extra kwetsbaar voor stijgende energiekosten en een toenemend risico op energiearmoede. Tenslotte merken we op dat over de hele linie de extra energiekosten gelijke pas houden met ontwikkeling van huishoud inkomens.

Effecten op gezondheid

De drie scenario's leveren aanzienlijke indirecte baten op voor gezondheid. Streng Nederlands klimaatbeleid leidt tot een forse verbetering van de lokale luchtkwaliteit en daarmee tot minder gezondheidsschade voor inwoners. Maatregelen om in 2040 de Nederlandse uitstoot van broeikasgassen te verlagen tot 85-90% (S2) kunnen vroegtijdige sterfte door blootstelling aan luchtvervuiling significant verminderen. Binnen de studie is voor Nederland een tentatieve schatting van de afname van gezondheidskosten uitgevoerd op basis van milieuprijzen. De afgenomen gezondheidsschade als gevolg van verminderde luchtverontreiniging ligt in ordergrootte van € 6 miljard in 2040 en € 8 miljard in 2050, ten opzichte van 2023. Dit betreft zowel verminderde kosten van ziektelast, verbetering van welzijn en verhoogde arbeidsproductiviteit (voor zover dit werkzame beroepsbevolking betreft). De schatting neemt alleen de gezondheidseffecten mee van verminderde emissie van luchtverontreinigende stoffen. Andere indirecte gezondheidsaspecten die worden beïnvloed door klimaatverandering, zoals hittestress, UV-straling en infectieziekten, zijn niet meegenomen in de doorrekening.

Effecten op biodiversiteit

Het Nederlandse klimaatplan levert ook indirecte baten op voor biodiversiteit. Niet alleen blijft soortenrijkdom behouden, ook heeft meer biodiversiteit een positieve impact op klimaatverandering. Meer diverse ecosystemen zijn beter in staat zijn om CO₂ op te nemen. In deze studie is een schatting voor de afname van biodiversiteitsschade in Nederland uitgevoerd aan de hand van milieuprijzen. Het klimaatplan zorgt via verminderde luchtverontreiniging voor een afname van gewaardeerde biodiversiteitsschade van € 470 miljoen in 2040 en € 630 miljoen in 2050, ten opzichte van 2023. We benadrukken dat deze schatting uitsluitend betrekking heeft op de indirecte voordelen voor biodiversiteit door verminderde luchtverontreiniging. Indirecte gevolgen voor biodiversiteit als gevolg van klimaatverandering zijn hierbij niet inbegrepen.

We wijzen er hier op dat uitsluitend de gezondheids- en biodiversiteitseffecten in Nederland zijn belicht. Voor de realisatie van de energietransitie neemt de vraag naar zeldzame metalen toe, die momenteel voornamelijk buiten Europa worden gewonnen. Uit onderzoek (Macklin et al., 2023) wordt steeds meer bekend over de milieuschadelijke gevolgen van deze mijnbouw, die aanzienlijke negatieve effecten hebben op gezondheid (en biodiversiteit) in de producerende landen. Zonder aandacht voor deze aspecten kan de energietransitie gepaard gaan met aanzienlijke negatieve gezondheidseffecten in de landen waar de metalen worden gewonnen.

Effecten op geopolitieke context

Het klimaatplan leidt tot een afname van de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen, met een daling van 55% in de importwaarde van fossiele brandstoffen in Nederland tegen 2040 ten opzichte van 2023. Dit maakt Nederland minder afhankelijk van regio's die fossiele brandstoffen winnen. Tegelijkertijd ontstaat er een toenemende afhankelijkheid van kritieke metalen, zoals ijzer, koper en zeldzame aardmetalen, die nodig zijn voor hernieuwbare technologieën. De importwaarde van metalen goederen neemt in 2040 met 33% toe ten opzichte van 2023, en de importwaarde van elektrische apparatuur en onderdelen zelfs met 93%. Met name China heeft een dominante positie in de markt voor hernieuwbare technologieën. Ook de vraag naar andere grondstoffen die nodig zijn voor de uitvoering van het klimaatplan neemt toe, zoals biograndstoffen en waterstof.

Om de afhankelijkheid van andere landen te verminderen, zouden Nederland en de EU meer productiecapaciteit voor hernieuwbare technologieën en mijnbouw voor kritieke grondstoffen kunnen ontwikkelen. Dit vereist aanzienlijke aanvullende investeringen. Daarnaast laat het LIFE-scenario zien dat verbeterd hergebruik, recycling en optimalisatie van energieverbruik de vraag naar materialen uit het buitenland doen laten dalen.

6.4 Wat als we nietsdoen?

Het nietsdoenscenario, dat gepaard gaat met een wereldwijde temperatuurstijging van 2,1 °C rond 2050 en 3,6 °C rond 2090, leidt tot aanzienlijke economische schade voor de Nederlandse economie. Door de klimaatdoelen voor 2040 te behalen (en de rest van de wereld ook maatregelen neemt om klimaatneutraliteit in 2050 te bereiken), kan economische schade op de lange termijn worden beperkt. Hoewel de impact in West-Europese landen naar verwachting minder ernstig is dan in Zuid-Europa, verwachten we in Nederland dat het beperken van de klimaatopwarming een verschil van ongeveer 6 procentpunt van het BBP in 2100 kan opleveren ten opzichte van nietsdoen. In 2050 zijn de schadekosten nog minder extreem.

6.5 Effecten sterk afhankelijk van invulling beleid

In de economische analyse hebben we niet zozeer gekeken naar een specifieke invulling van het klimaatbeleid, maar naar de economische gevolgen van het inzetten op een bepaalde emissiereductiepad. In Fase 2 heeft een beoordeling van de beleidsrichtingen plaatsgevonden. De omvang van de investeringen verschilt sterk per onderwerp, met name investeringen in kernenergie (€ 14 miljard) en waterstof zijn significant. Ook hier zijn de eerder genoemde spelbrekers zoals de beschikbaarheid van personeel met name relevant.

Het type instrumentarium dat vanuit het Klimaatplan zal worden uitgewerkt, bepaalt hoe energie(systeem)kosten uiteindelijk worden verdeeld. Bij normeren komen kosten primair bij investeerder en kunnen worden doorberekend aan eindgebruiker (bedrijven en huishoudens; middels hogere energierekening, productprijzen). Bij huishoudens gaat dit ten koste van de koopkracht; bij bedrijven gaan productiekosten omhoog. Het type instrumentarium is echter vaak nog niet ingevuld. Hier zit dus nog een keuze in. Dit instrumentarium kan ook bijdragen aan het verkleinen van inkomensverschillen, bijvoorbeeld door het ontzorgen van lage inkomensgroepen in de gebouwde omgeving.

In algemene zin geldt vanuit doeltreffendheid en efficiëntie meestal een voorkeur voor klimaatbeleid via normering en beprijzing. Echter, vanuit het perspectief van legitimiteit en draagvlak is het ook belangrijk dat er rekening wordt gehouden met rechtvaardigheid. Compensatie ten behoeve van kwetsbare groepen kan separaat worden vormgegeven en zal gericht en in samenhang moeten plaatsvinden met ander inkomensbeleid. De reden is dat grote groepen hun inkomen tegelijkertijd zien toenemen, maar er kwetsbare groepen zijn die niet profiteren (en wel de lasten dragen).

6.6 Meer gedetailleerde resultaten

Tabel 37 geeft de resultaten per indicator in meer detail weer. De cijfers zijn van toepassing op Nederland en hebben betrekking op de gehele periode 2030-2050, tenzij anders aangegeven in de tabel.

Tabel 37 - Overzicht resultaten indicatoren

Hoofdstuk	Indicatoren	Doorvertaling naar Nederland (periode 2030-2050)
H2: Investeringskosten	Investeringsbehoefte aanbodketens en vraagsector (energiesysteem)	– Additionele investeringsbehoefte aanbodzijde (energienetwerk, energie-installaties) circa € 11,5 miljard per jaar t.o.v. 2011-2020. – Additionele investeringsbehoefte vraagzijde energiesysteem circa € 16,5 miljard per jaar t.o.v. 2011-2020. Transport € 8,5 miljard, residentieel € 4,5 miljard en industrie, diensten en landbouw gezamenlijk € 3,5 miljard. – Investeringsbehoefte nagenoeg gelijk voor S1-3. – Totale investeringsbehoefte energiesysteem neemt toe van 4,5% van BBP in 2011-2020 naar 6,1% van BBP in 2030-2050.
	Kosten van het energiesysteem	– Toename energiesysteemkosten circa € 19 miljard per jaar ten opzichte van 2021-2030 (€ 38 miljard t.o.v. 2011-2020). – Energiesysteemkosten € 2 miljard lager in S1 t.o.v. S2 en S3. – Energiesysteemkosten als % BBP blijft constant ten opzichte van 2011-2020, op 11-13% van het BBP.
	Kosten voor mitigatiemaatregelen	– Mitigatiekosten niet-CO₂-emissies € 78 miljoen per jaar in S1, € 96 miljoen per jaar in S2 en € 168 miljoen in S3. Kosten grotendeels ten laste van landbouwsector. – Kosten koolstofverwijdering in sector landgebruik en bosbouw lastig te vertalen naar Nederlandse situatie vanwege unieke positie. Kosten wel hoger in S3 t.o.v. S1.
	Effecten van leefstijl veranderingen	– Besparing op investeringsbehoefte in energiesysteem circa € 5 miljard per jaar ten opzichte van S3. – Besparing energiesysteemkosten € 4,6 miljard per jaar ten opzichte van S3. – Extra CO₂ verwijderingen in sector landgebruik en bosbouw. Verkleining noodzaak CO₂-afvang en industriële koolstofverwijdering.
H3: Macro-economie	BBP	– De BBP-groei is gematigd en wordt voornamelijk gedreven door consumptieve bestedingen en investeringen in de komende decennia. De verwachting is dat onder verschillende reductiescenario's S1, S2 en S3 het Nederlands BBP met zo'n kleine 40% zal groeien. – De verschillen van één emissiescenario ten opzichte van een ander (S1, S2 en S3) zullen naar verwachting gering zijn. – We concluderen daarom dat overall slechts zeer beperkte productiviteitseffecten kunnen voordoen door een strikter reductiepad voor CO₂ in 2040 te kiezen ten opzichte van een meer lineair pad tussen 2030 en 2050.

Hoofdstuk	Indicatoren	Doorvertaling naar Nederland (periode 2030-2050)
	Effecten op handelsbalans	– De effecten op de handelsbalans zijn licht negatief. – Verschillen in sterkere mate tussen een ambitieuzer en een minder ambitieus pad, met name met betrekking tot de afhankelijkheid van handel in kritische materialen en grondstoffen die nodig zijn voor nieuwe energie-infrastructuren en hernieuwbare technieken. De energietransitie zal Nederland, op basis van de huidige economische structuur en zonder aanvullend beleid, afhankelijker maken van het buitenland. – De reductiepaden leiden tot een verlies aan concurrentiepositie met handelspartners, aangezien Nederland en Europa op een iets sneller en dieper reductiepad zitten. Een verschuiving van CO₂-intensieve naar schone sectoren vergt aanpassingen aan de economiestructuur, maar het effect op de totale werkgelegenheid is waarschijnlijk zeer klein en per saldo positief. Het blijft desalniettemin van belang om klimaatbeleid te coördineren met handelspartners.
	Werkgelegenheid	– Hogere investeringsniveaus brengen voor de gehele economie positieve werkgelegenheidseffecten met zich mee. Echter, hogere investeringsniveaus impliceren nog steeds een 'kostprijs' voor huishoudens door hogere integrale energiekosten. Hierbij is de vraag op zijn plaats in welke mate de belastingbetaler de maatregelen financiert (bijv. bij subsidiëring van meerkosten, denk aan opvolger van SDE++) of de gebruiker dit doet via de energieprijzen (bij directe doorberekening, denk aan ETS). Dat remt, zeker op korte termijn, consumptieve bestedingen. Echter op langere termijn (tot 2050) zijn de effecten positief, met inachtneming van lagere energie- en brandstofkosten voor energie en mobiliteit. – De effecten op de werkgelegenheid zijn substantiëler en kunnen op sectorniveau uitpakken in de vorm van zowel winnaars als verliezers.
	Impact op inkomens en verdeling	– Gemiddeld genomen neemt besteedbaar inkomen in alle inkomensgroepen toe, als gevolg van positieve economische groei. – Hogere inkomens profiteren in absolute zin meer van inkomensgroei dan lagere inkomens, resulterend in toenemende inkomensongelijkheid. – Lage inkomensgroepen voelen negatieve impact van prijsstijgingen sterker, wat kan leiden tot meer energiearmoede. Met name huishoudens zonder toegang tot de arbeidsmarkt kwetsbaar voor toenemende energiearmoede.

Hoofdstuk	Indicatoren	Doorvertaling naar Nederland (periode 2030-2050)
	Impact op luchtverontreiniging	– Emissie van luchtverontreinigende stoffen neemt af over tijd. – Emissie van stikstofoxide, zwaveloxide en ammoniak neemt in 2040 met ongeveer de helft af ten opzichte van 2023. Afname van emissie VOS en fijnstof in 2040 respectievelijk 21 en 12%. – Verschillen tussen scenario's zeer beperkt.
H4: (Bredere welvaart)	Impact op gezondheid	– De gewaardeerde kosten voor gezondheid als gevolg van verminderde luchtverontreiniging in 2040 en 2050 respectievelijk € 6,0 miljard en € 8,0 miljard lager dan in 2023.
	Impact op biodiversiteit	– De gewaardeerde kosten voor biodiversiteit als gevolg van verminderde luchtverontreiniging in 2040 en 2050 respectievelijk € 470 miljoen en € 630 miljoen lager dan in 2023.
	Geopolitieke context	– Vraag naar fossiele brandstoffen neemt in 2040 met 55% af ten opzichte van 2023. Nederland minder afhankelijk van landen die fossiele brandstoffen exporteren, zoals Midden-Oosten. – Energietransitie zorgt voor toenemende vraag naar metalen en hernieuwbare technologie. Deze markt wordt gedomineerd door China. Importwaarde elektrische apparatuur en onderdelen neemt in 2040 met 93% toe ten opzichte van 2023.
	Kosten van nietsdoen	– Klimaatschade zonder klimaatbeleid in 2040 geschat op 0.5 procentpunt van BBP ten opzichte van S1-S3. – Klimaatschade zonder klimaatbeleid in 2100 geschat op 5.9 procentpunt van BBP ten opzichte van S1-S3. Dit komt overeen met een schade van circa € 60 miljard (uitgedrukt in BBP 2022).

Literatuurlijst

- Advisors, C., & OMB. (2023). *Methodologies and considerations for integrating the physical and transition risks of climate change into macroeconomic forecasting*.
- Carbone, J.C., & Rivers, N. (2017). The impacts of unilateral climate policy on competitiveness: Evidence from computable general equilibrium models., 11(1), 24-42.
https://econpapers.repec.org/article/ouprenvpo/v_3a11_3ay_3a2017_3ai_3a1_3ap_3a24-42..htm
- CBS. (2022). *Waar geven we ons geld aan uit?* CBS. <https://longreads.cbs.nl/nederland-in-cijfers-2022/waar-geven-we-ons-geld-aan-uit/>
- CBS. (2023). *Emissies door de landbouw*. CBS. <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/statistische-trends/2023/de-verduurzaming-van-de-landbouw-deel-ii-emissies/3-emissies-door-de-landbouw>
- CBS. (2024a). *Bbp, productie en bestedingen; kwartalen, waarden, nationale rekeningen*.
- CBS. (2024b). *Energiebalans; aanbod en verbruik, sector*. Centraal Bureau voor de Statistiek.
<https://opendata.cbs.nl/statline/?ts=1569416099156#/CBS/nl/dataset/83989NED/table>
- CBS. (2024c). *Statline: Energiebalans; aanbod en verbruik, sector*. Centraal Bureau voor de Statistiek. <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83989NED/table?dl=E28C>
- CE Delft. (2023a). *Arbeidsmarktonderzoek waterstoftransitie*.
- CE Delft. (2023b). *Effecten afschaffing teruggaafregeling non-profitinstellingen*.
- CE Delft. (2023c). *Handboek milieuprijzen 2023. Methodische onderbouwing van kengetallen gebruikt voor waardering van emissies en milieu-impacts*.
- CE Delft. (2024). *Hoe blijft de gasrekening betaalbaar?*
- Dafnomilis, I., Chen, H., den Elzen, M., Fragkos, P., Chewpreecha, U., van Soest, H., Fragkiadakis, K., Karkatsoulis, P., Paroussos, L., de Boer, H., Daioglou, V., Edelenbosch, O., Kiss-Dobronyi, B., & van Vuuren, D. (2022). *Targeted green recovery measures in a post-covid-19 world enable the energy transition*. *Frontiers in climate*, 4.
- Dasgupta, P. (2021). The economics of biodiversity: The dasgupta review. *Odisha Economic Journal*.
http://www.odishaeconomicjournal.in/Journal/JOURNAL_54_ISSUE_2.pdf#page=176
- de Wijk, R. (2021). *De slag om europa: Hoe china en rusland ons continent uit elkaar spelen*. Uitgeverij Balans.
- EC. (2020). *Stepping up europe's 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people*. Com. .
- EC. (2024a). *Commission staff working document. Impact assessment report. Part 1. Accompanying the document communication from the sommission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Securing our future. Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society*.
- EC. (2024b). *Commission staff working document. Impact assessment report. Part 3. Accompanying the document communication from the sommission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Securing our future. Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society*.



- EEA. (2024). *Eea greenhouse gases – data viewer*. EEA. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>
- Eurostat. (2024a). *Complete energy balances*. Eurostat. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_bal_c_custom_12940640/default/table?lang=en
- Eurostat. (2024b). *Share of energy from renewable sources*. European Commission. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_ren/default/table?lang=en
- Eurostat. (2024c). *Total final energy consumption by industrial sector, eu, 2022*. European Commission. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/4187653/18051222/total-final-energy-consumption-by-industrial-sector-EU-2022.jpg/2d893228-88cf-67f9-ee62-66712a57a24d?t=1715588047236>
- Ex'Tax. (2022). *Deltaplan belastingen voor een circulaire en sociale economie: Routekaart 2021-2030*.
- Gerlagh, R., Smulders, S., & Van Soest, D. (2024). Europese emissiehandel en grensheffing helpen bij afbouw fossiele subsidies. *ESB*. <https://esb.nu/wp-content/uploads/2024/04/Gerlagh-R-et-al.-2024-ESB-1094832-164-167.pdf>
- Gezondheidsraad. (2020). *Gezonde energietransitie in de gebouwde omgeving*.
- KiM. (2018). *De vliegende hollander*.
- Kiss-Dobronyi, B., & Fazekas, D. (2019). *Modelling the decarbonisation of energy intensive industries in the eu: The potential effects of a carbon border mechanism*.
- Klöpper, W., Potting, J., Seppälä, J., Risbey, J., Meilinger, S., Norris, G., Lindfors, L.G., & Goedkoop, M. (2001). *Best available practice in life cycle assessment of climate change, stratospheric ozone depletion, photo-oxidant formation, acidification, and eutrophication. Backgrounds on specific impact categories*.
- KNMI. (2011). *Ozon en klimaat*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/ozon-en-klimaat>
- Leiden-Delft-Erasmus. (2022). *Grondstoffen, geld en geopolitiek*.
- Maas, R., Fischer, P., Wesseling, J., Houthuijs, D., & Cassee, F. (2015). *Luchtkwaliteit en gezondheidswinst*.
- Macklin, M., Thomas, C., Mudbhaskar, A., Brewer, P., Hudson-Edwards, K., Lewin, J., Scussolini, P., Eilander, D., Lechner, A., Owen, J., Bird, A., Kemp, D., & Mangalaa, K. (2023). *Impacts of metal mining on river systems: A global assessment*.
- Mercure, J., Knobloch, F., Pollitt, H., Paroussos, L., Scricciu, S., & Lewney, R. (2019). *Modelling innovation and the macroeconomics of low-carbon transitions: Theory, perspectives and practical use*.
- Ministerie van I&W. (2023). *Kamerbrief over voortgang co2-plafond per luchthaven (ienw/bsk-2023/376975)*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2023/12/12/voortgang-co2-plafond-per-luchthaven>
- Odyssee-mure. (2023). *Final energy consumption by sector in eu*. Odyssee-mure. <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/overview/final-energy-consumption-by-sector.html>
- Olijslagers, S., Brink, C., Smits, L., Li, A., & Teulings, C. (2024). *European carbon import tax effective against leakage*.
- Rijksoverheid. (2024). *Vaststelling van de begrotingsstaat van het klimaatfonds (m) voor het jaar 2025*.
- Rijksoverheid. (n.d.). *Klimaatbeleid*. Rijksoverheid. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatbeleid>
- RIVM. (2021). *Mondiaal klimaatbeleid: Gezondheidswinst in nederland bij minder klimaatverandering*.



- RIVM. (2024a). *Luchtkwaliteit - fijn stof*. RIVM. <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/gezondheidseffecten-luchtverontreiniging/luchtkwaliteit-fijn-stof>
- RIVM. (2024b). *Volksgezondheid toekomst verkenning 2024*.
- RIVM. (z.d.). *Gezondheidseffecten van luchtverontreiniging in context*.
- Roy, H.E., Pauchard, A., Stoett, P., & Renard Truong, T. (2023). *Ipbes invasive alien species assessment: Factsheet 1 - invasive alien species: Data on trends and impacts*.
- UN ECLAC. (2020). *Building a new future: Transformative recovery with equality and sustainability*.
- Van der Wijst, K.-I., Bosello, F., Dasgupta, S., Drouet, L., Emmerling, J., Hof, A., Leimbach, M., Parrado, R., Piontek, F., Standardi, G., & Van Vuren, D. (2023). New damage curves and multimodel analysis suggest lower optimal temperature. *Nature Climate Change*, 2023, 434-441. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01636-1>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Majele Sibanda, L.,...Murray, C.J.L. (2019). Food in the anthropocene: The eat-lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*, 393(10170), 447-492. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)31788-4)
- Worldbank. (2022). *Pakistan country climate and development report. In 2022*. .
- Zero Emissions Platform. (2022). *Ccs in a biodiversity and land use perspective*.

A Methodologie

A.1 Inleiding

In deze bijlage beschrijven we de gebruikte methodologie. We gaan eerst in op de onderzoeksmatrix, die een overzicht geeft van de modellen per gebruikte indicator. Daarna gaan we dieper in op het E3ME-model, en de doorvertaling van de Europese Impact Assessment. We sluiten af met een verantwoording van het werkgelegenheidsmodel dat ingezet is.

A.2 Onderzoeksmatrix

We gebruiken meerdere modellen om antwoord te geven op de hoofd- en deelvragen. We gebruiken een multiple-methodeaanpak waarbij zoveel mogelijk consistentie wordt betracht met de Europese Impact Assessment (IA) en E3ME het basismodel is om de effecten door te rekenen. Beide benaderingen zijn consistent met elkaar aangezien dezelfde EU-reductiescenario's onderwerp van analyse zijn. De inputgegevens zoals het basispad voor economische groei, demografische ontwikkeling, technologie-ontwikkeling, etc. voor beide analyses komen voornamelijk uit de Europese IA (zie ook bij Bijlage A.3).

Tabel 38 geeft aan voor welke indicatoren we de resultaten uit IA kwantitatief doorvertalen, en welke resultaten uit het E3ME-model volgen.

Tabel 38 - Onderzoeksmatrix: het overzicht van de indicatoren meegenomen in het onderzoek, de input daarvoor, en de gebruikte modellen

Onderwerp/Indicator	E3ME-model	Europese Impact Assessment
BBP	✓	
Bestedingen consumenten	✓	<i>Sanity check</i>
Overheidsuitgaven	✓	<i>Sanity check</i>
Investeringsbedrijven	✓	
Import	✓	
Export	✓	
Effecten concurrentievermogen (import en export)	✓	
Gevolgen voor sectoren en economische structuur	✓	
Investeringsbehoefte per aanbodketen en vraagsector		✓
Luchtverontreinigende emissies	✓	
Biodiversiteit ²		✓
Gezondheid ²		✓
Rechtvaardigheid: Inkomensverdelingseffecten (per kwintiel)	✓	
Sociale gevolgen: Werkgelegenheid	✓	
Geopolitieke context: grondstoffen-vraag naar biomassa, metal ores and non-metallic minerals ¹	✓	

Onderwerp/Indicator	E3ME-model	Europese Impact Assessment
Kosten: voor mitigatiemaatregelen en impact op systeem		✓
Kosten: van nietsdoen, cost of inaction		✓
Effecten van lifestyle-veranderingen		✓

- 1: Hiermee kunnen we kijken naar de ontwikkeling van Nederlandse afhankelijkheid van deze fossiele grondstoffenimport.
- 2: Met de gegevens uit E3ME over luchtverontreiniging kunnen wij de impact op biodiversiteit en gezondheid bepalen.

A.3 Europese Impact Assessment

In de Europese Impact Assessment worden drie scenario's uitgewerkt om klimaatneutraliteit te bereiken in 2050. Deze scenario's onderscheiden zich van elkaar op doelstellingen ten aanzien van de hoeveelheid verminderde GHG-emissies in 2040 (ten opzichte van 1990; zie ook **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).⁵⁶ 2040 is als tussenjaar gekozen, om op die manier in staat te zijn om nog bij te kunnen sturen. Alle scenario's zetten in op klimaatneutraliteit in 2050. Het gaat om de volgende scenario's:

- **S1:** tot 80% vermindering;
- **S2:** 85-90% vermindering (*continuering van huidig beleid, leidt tot ~88%*);
- **S3:** 90-95% vermindering (*aanbevolen door ESABCC, zie volgend tekstkader*).

In de uitwerking van de scenario's die gedaan zijn voor de Europese Impactanalyse wordt per scenario met een gemiddelde gewerkt: 78% in S1, 88% in S2, en 92% in S3. S2 wordt daarnaast veelal als referentiescenario gebruikt in de impactanalyse, omdat deze een target heeft dat gehaald wordt als het huidige beleid wordt doorgezet.⁵⁷

Voor S3 is tevens het scenario 'LIFE' doorgerekend. Binnen het LIFE-scenario wordt uitgegaan van brede maatschappelijke duurzame trends en een verandering in leefstijl van consumenten zoals minder energieverbruik, verlaging in consumptie van dierlijke eiwitten en het verder uitbouwen van de circulaire en deeleconomie.

⁵⁶ In de verschillende scenario's blijven een aantal aannames hetzelfde (bijvoorbeeld bevolking, voedselproductie en technologische kosten). De grootste verschillen tussen deze scenario's betreft de aannames rondom de uptake van technologie (biobrandstoffen en e-fuels, bijvoorbeeld) om deze doelstellingen te bereiken. In S3 wordt bijvoorbeeld aangenomen dat er een hogere productie en consumptie van e-fuels is dan in S1 en 2. Verder wordt S2 in de Europese Impact Assessment als referentiescenario gebruikt waartegen de andere scenario's afgezet worden.

⁵⁷ Let wel: dit is dus niet hetzelfde als een lineaire reductie van huidige emissies naar 2040.

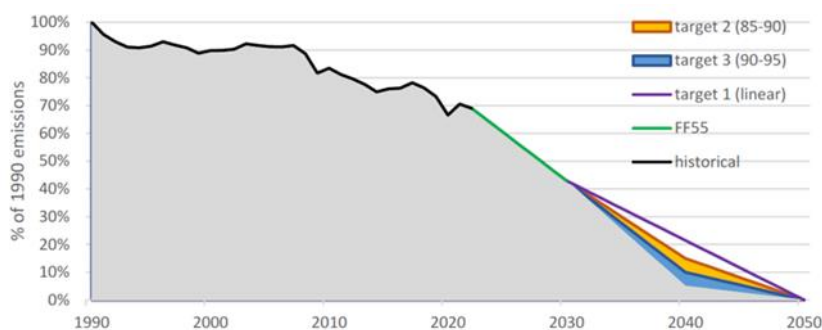
Tekstkader 1 - S3 wordt aanbevolen door de Europese Scientific Advisory Board on Climate Change (ESABCC)

In de Impact Assessment worden daarvoor verschillende (economische) redenen genoemd.

De internationale druk die EU kan uitoefenen op andere landen op het moment dat ze zélf ook een ambitieus klimaatbeleid voert. Daarmee kan de reikwijdte groter worden dan alleen de EU.

- de EU kan andere landen helpen om een decarbonisatiebeleid uit te voeren omdat technologie daarvoor binnen de EU ontwikkeld wordt. Dit is ook gunstig voor het Europees innovatievermogen;
 - S3 is de optie die het meest de ‘exposure’ vermindert van prijsschokken van fossiele brandstoffen (zoals de oorlog in Oekraïne) voor alle betrokken economische actoren (MKB, consumenten, industrie);
 - S3 is het scenario waarbinnen de hoogste verbetering van de lucht gerealiseerd wordt, en daarmee de grootste impact winst boekt op het gebied van gezondheidswinst en biodiversiteit.
- (EC, 2024a).

Figuur 8 - Ontwikkeling van GHG-emissies binnen de voorgestelde trajectories S1-3 van de Europese Impact Assessment



A.4 E3ME

Om de economische impact van het Klimaatplan door te rekenen, maken we gebruik van het E3ME-model. E3ME is een geavanceerd computermodel, ontwikkeld om de interacties tussen de wereldeconomie, energiesystemen en het milieu te simuleren.

A.4.1 Introductie E3ME

E3ME is in de afgelopen 25 jaar ontwikkeld en geldt als een van de meest geavanceerde macro-economische modellen. Het model wordt beheerd en gebruikt door een team van specialisten op het gebied van complexe systeemmodellering. De inzichten uit het model worden vaak gepubliceerd in toonaangevende academische tijdschriften en rapporten. Voorbeelden zijn Wereldbank (Worldbank, 2022), de Verenigde Naties (UN ECLAC, 2020) en economische adviesbureaus voor het Witte Huis (Advisors & OMB, 2023). In Europa wordt E3ME regelmatig gebruikt naast modellen zoals GEM-E3 voor macro-economische doorrekeningen (Dafnomilis et al., 2022) (EC, 2020) (Mercure et al., 2019). In Nederland heeft het model bijgedragen aan de studie ‘Deltaplan Belastingen voor een circulaire en Sociale Economie’ (Ex’Tax, 2022).

E3ME kenmerkt zich door zijn uitgebreide, empirische aanpak van economische, energie- en milieu-interacties. Het model ondersteunt verschillende beleidsevaluaties, prognoses en onderzoeken. Zo heeft het model voor de Europese Commissie inzichten geleverd over de emissiereductiedoelen voor 2030 en 2050.

De primaire functie van E3ME is het evalueren van de beleidsimpact op economie en arbeidsmarkt. Dit doet het model voor 71 regio's (landen), met speciale aandacht voor directe, secundaire en algemene macro-economische effecten. Nederland en haar handelsrelaties (zowel import als export) staan hierbij centraal.

Tekstkader 2 - Nadere modelspecificatie

E3ME combineert de Cambridge (UK) traditie van macro-economie met complexiteitstheorie. Het erkent onzekerheden, niet-rationeel gedrag en op data gebaseerde marktstructuren. Het model is ontworpen om te voldoen aan de behoeften van beleidsmakers door verschillende marktgebaseerde en regulerende klimaat-beleidsmaatregelen te beoordelen en gedetailleerde output-indicatoren te bieden.

In tegenstelling tot typische Computable General Equilibrium (CGE)-modellen, die prijscorrecties en aanbod-zijde outputbepaling aannemen, richt E3ME zich op vraagzijde outputbepaling. Ook is economische over-capaciteit toegestaan. Dit onderscheid betekent dat E3ME scenario's kan modelleren waarbij regelgevende beleidsmaatregelen mogelijk de output verhogen door gebruik te maken van beschikbare capaciteit.

De structuur van het model is gebaseerd op nationale rekeningen, met koppelingen naar energievraag en milieu-emissies. Het omvat gedetailleerde dekking van de arbeidsmarkt, vrijwillige en onvrijwillige werkloosheid, en econometrisch geschatte BBP-componenten.

Specifiek biedt het model een uitgebreide dekking van:

- *directe impacts*, zoals verminderingen in energievraag en uitstoot, brandstofswitch en hernieuwbare energie;
- *secundaire effecten*, bijvoorbeeld op brandstofleveranciers, energieprijzen en concurrentie-effecten;
- *reboundeffecten* van energie- en materiaalverbruik door lagere/hogere prijzen, uitgaven aan energie of andere economische activiteiten;
- *algemene macro-economische effecten*, op banen en de economie op een hoog detailniveau van sectoren.

Voor deze analyse wordt een vergelijkbare aanpak gehanteerd als in de Europese impact-analyse. De energiehuishouding per eindgebruiker is buiten het model bepaald op basis van emissiepaden, externe bronnen en interne scenario's ontwikkeld door CEUK. Deze aanpak maakt het mogelijk om de energiehuishouding op te splitsen in de resolutie die het model vereist. De energieverbruik-projecties worden hierbij als vaststaande doelen gezien en zijn dus geen gemodelleerde resultaten. Het model berekent echter wel de economische, sectorale en sociale effecten op basis van deze, als gegeven beschouwde, energieverbruik-projecties.

A.4.2 Scope

E3ME is een globaal model dat de wereld verdeelt in 71 regio's. Europese lidstaten, waaronder Nederland, EU-kandidaat staten en G20-landen worden individueel weergegeven, terwijl andere landen zijn samengevoegd in groepen. We presenteren uitsluitend de model-resultaten voor de Nederlandse economie, die wel interacteert met mondiale indicatoren.

Het model biedt inzicht in de volgende indicatoren:

- BBP en componenten, zoals investeringsbehoeften, consumptie door huishoudens, overheidsuitgaven en handel;
- bruto-output, werkgelegenheid en productiviteit per sectorgroep;
- besteedbaar inkomen per inkomenskwintiel;
- werkgelegenheid: verdeling per beroepsgroep en opleidingsniveau;
- grondstoffenvraag;
- emissies van luchtverontreinigende stoffen (stikstofoxides, zwaveloxides, ammonia, niet-methaan volatiele organische stoffen, en fijnstof < 2.5µm).

De vraag naar grondstoffen en de emissies van luchtverontreinigende stoffen worden exogeen bepaald, met input uit E3ME-indicatoren en externe bronnen.

De historische data voor nationale rekeningen voor Nederland en andere Europese lidstaten, voor de periode tot 2022, is afkomstig van Eurostat. Voor de korte termijn (tot 2025) zijn, waar mogelijk, projecties van AMECO toegepast.

A.4.3 Aannames E3ME

Emissiepaden

We definiëren drie emissiereductiepaden die in lijn zijn met de Europese Impactanalyse:

- S1: 80% reductie in 2040 ten opzichte van 1990;
- S2: 87.5% reductie in 2040 ten opzichte van 1990;
- S3: 92.5% reductie in 2040 ten opzichte van 1990.

Het is belangrijk op te merken dat deze emissiereductiepaden in de Europese Impactassessment EU-wijd zijn, zonder specifieke paden voor Nederland. We gaan ervan uit dat Nederland in lijn handelt met Europa, en gaan uit van bovengenoemde emissiereductiepaden.

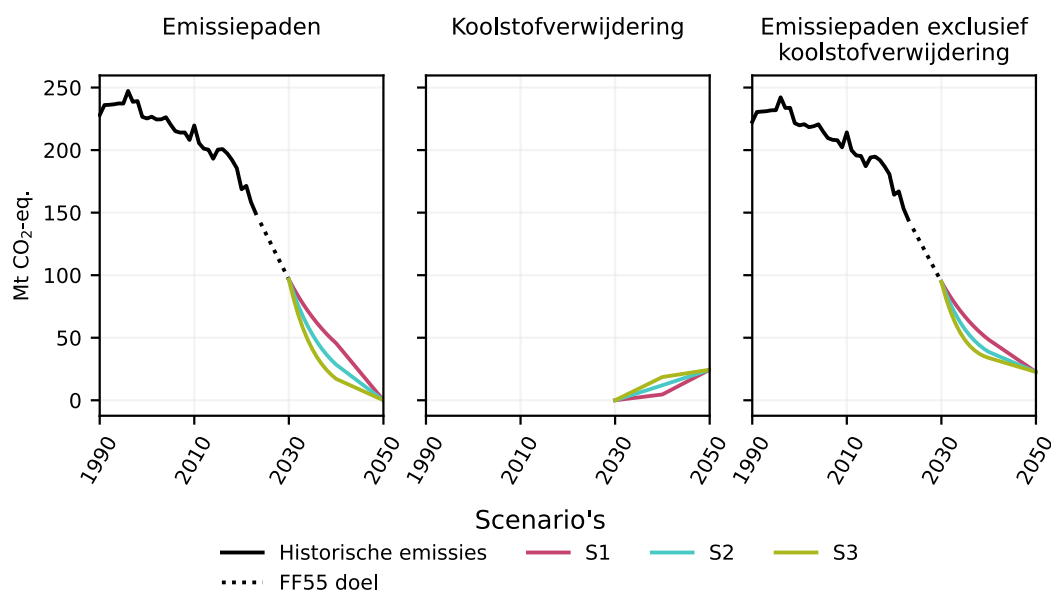
Na 2040 volgt een verdere afbouw naar netto nul emissies in 2050. Daarnaast veronderstellen we, conform de Europese Impactanalyse, dat de rest van de wereld haar ‘Nationally Determined Contributions’ volgt, inclusief eventuele netto nuldoelen indien opgenomen in nationale klimaatplannen.

De emissiepaden voor Nederland zijn gedefinieerd op basis van de volgende bronnen en aannames:

- Historische emissies zijn gebaseerd op het ‘Dashboard Klimaatbeleid’;
- 2030-doelen, conform Fit-For-55, zijn eveneens gebaseerd op het ‘Dashboard Klimaatbeleid’.
- Landgebruikemissies blijven na 2030 constant, omdat Nederland weinig mogelijkheden heeft om de emissies verder te reduceren in vergelijking met andere Europese lidstaten.
- Klimaatdoelen zijn gebaseerd op de totale hoeveelheid broeikasgassen uitgedrukt in CO₂-equivalenten (CO₂-eq.), exclusief de bijdrage van internationale bunkers. Het model focust echter uitsluitend op CO₂-emissies, die 85% van de totale CO₂-eq. uitmaken.
- Koolstofverwijdering voor 2040 en 2050 is gebaseerd op de Europese impactanalyse en het PB30-scenario uit het rapport ‘Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050’ van het PBL. We veronderstellen dat commerciële koolstofverwijdering vanaf 2030 beschikbaar is.
- CO₂-emissies exclusief koolstofverwijdering en landgebruikemissies worden gebruikt om de fossiele brandstofvraag te projecteren, waarbij we emissiefactoren hanteren.

Figuur 9 geeft de emissiereductiepaden weer die in de scenario's worden toegepast. Voor de inschatting van de fossiele brandstofvraag gebruiken we emissiereductiepaden zonder koolstofverwijdering.

Figuur 9 - Emissieverloop van broeikasgassen tussen 1990 en 2050; de grafiek links laat de totale emissies zien, het middelste de koolstofverwijdering en de rechter de emissiepaden minus koolstofverwijdering



Energievraag

De projecties voor het energieverbruik in Nederland in elk scenario zijn opgesteld op basis van de inzichten uit de Europese Impactanalyse en aanvullende externe bronnen. Zo beschrijft het PBL in het rapport ‘Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050’ verschillende scenario’s om in 2050 klimaatneutraliteit te bereiken. Het PB30-scenario uit dit rapport sluit het beste aan bij S3 op het gebied van koolstofverwijdering, zoals bepaald in de Europese Impactanalyse.

De Europese impactanalyse en het PBL-rapport bieden echter niet de juiste resolutie op verbruikersniveau. Daarom hanteren we een intern ontwikkeld scenario, gebaseerd op klimaatneutraliteit, om de veranderingen in energieverbruik per sector te analyseren. Gecombineerd met de emissiepaden levert dit een overzicht van het fossiel energieverbruik per sector en per brandstof. Deze methode wordt eveneens toegepast voor het inschatten van de vraag naar elektriciteit, waterstof (en afgeleide energiedragers) en bio-energie. De productie en import van waterstof baseren we op het PBL-rapport, de waterstofprijzen (zowel voor binnenlandse productie als import) zijn gebaseerd op het TNO-rapport ‘Ontwikkeling productiekosten klimaatvriendelijk waterstof’. Een samenvatting van de methode voor het schatten van de energievraag is te vinden in Tabel 39.

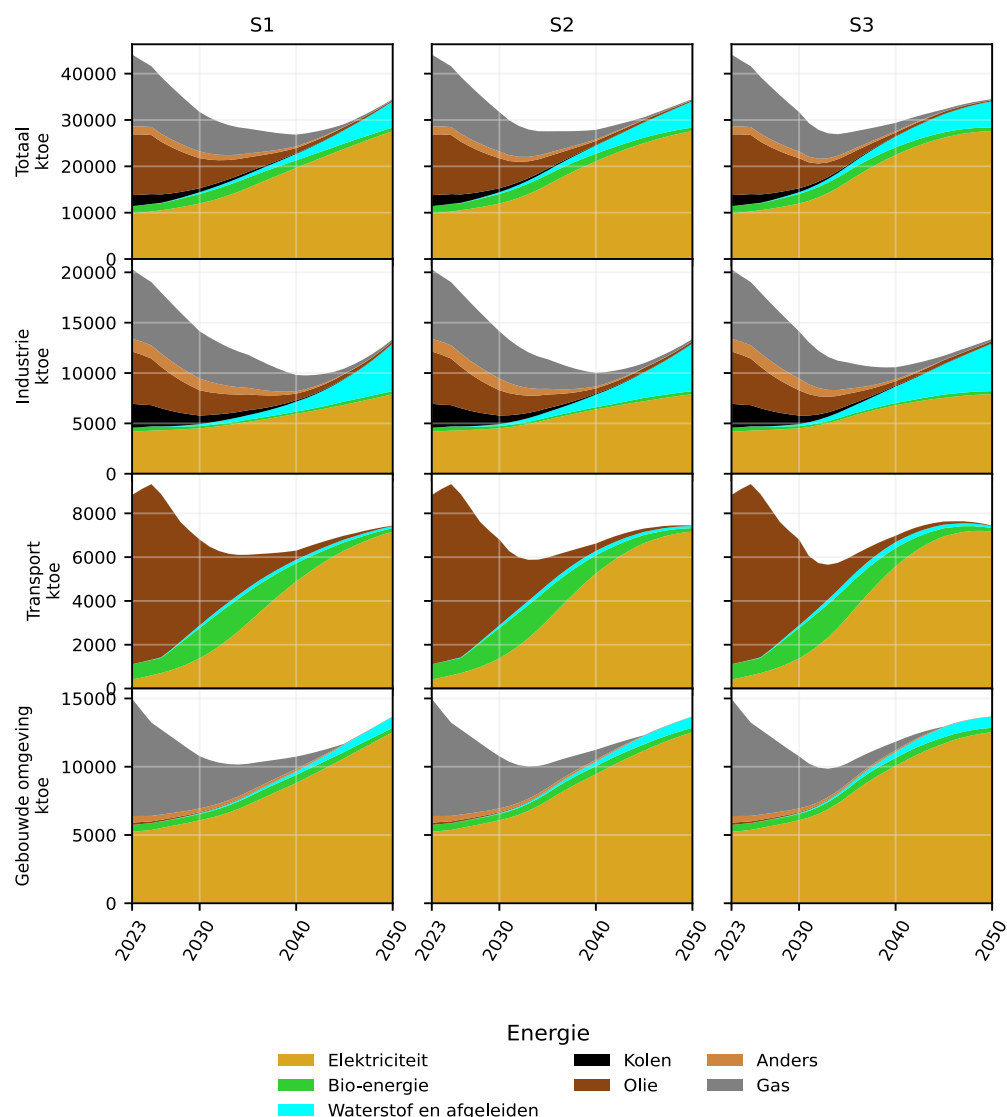
Het aanbod van elektriciteit wordt endogeen berekend door het FTT; Power Model, waarin technologieën op basis van hun opwekkingskosten met elkaar concurreren om marktaandeel. We voegen exogeen 4 GW aan kerncentrales toe tussen 2035 en 2040, in lijn met het Regeerakkoord. Kolencentrales worden uitgefaseerd in 2030, zoals vastgelegd in het Klimaatakkoord.

Tabel 39 - Overzicht van de gevolgde aanpak per indicator binnen het E3ME-model, inclusief bronnen

Indicator	Methode	Bronnen
Fossiele brandstoffen	De emissiepaden (exclusief koolstofverwijdering) worden vertaald naar de fossiele brandstofvraag met behulp van emissiefactoren. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het interne klimaatneutrale scenario van Cambridge Econometrics, dat verschuivingen tussen fossiele energiedragers en tussen sectoren in kaart brengt.	Cambridge Econometrics Europese impactanalyse
Elektriciteit	Elektriciteitsverbruik is gebaseerd op PBL's 'Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050' rapport (PB30-scenario). Scenario-specifieke veranderingen zijn gebaseerd op de vergelijkbare scenario's in de Europese impactanalyse. Het interne scenario met klimaatneutraliteit van Cambridge Econometrics' wordt gebruikt om de elektriciteitsvraag per sector te schatten.	Cambridge Econometrics Europese impactanalyse Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050
Waterstof en afgeleiden	Het waterstofverbruik, en dat van afgeleide energiedragers, is gebaseerd op PBL's 'Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050' rapport (PB30-scenario). Scenario-specifieke veranderingen zijn gebaseerd op de vergelijkbare scenarios in de Europese impactanalyse. Het interne klimaatneutrale scenario van Cambridge Econometrics schat het waterstofverbruik per sector, waarbij het verbruik van gas, benzine, diesel, kerosine en zware stookolie als indicator wordt gebruikt. De waterstofprijzen zijn gebaseerd op het TNO-rapport.	Cambridge Econometrics Europese impactanalyse Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050 Ontwikkeling productiekosten klimaatvriendelijke waterstof
Bio-energie	De vraag naar bio-energie is gebaseerd op het PB30-scenario uit het PBL-rapport, met scenario-specifieke aanpassingen die aansluiten bij de Europese impactanalyse. Cambridge Econometrics' interne scenario wordt gebruikt om de bio-energievraag per sector in te schatten.	Cambridge Econometrics Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050

Figuur 10 geeft het eindgebruik van energie per eindgebruiker, scenario en energiedrager weer. In de gebouwde omgeving verschuift het verbruik vooral van gas naar elektriciteit, onder andere door een toenemend gebruik van warmtepompen. In de transportsector (exclusief internationale scheepvaart en luchtvaart) vindt grotendeels elektrificatie plaats, met beperkt aandeel voor waterstof en biobrandstoffen. Waterstof speelt een grotere rol in industriële processen waarbij elektriciteit minder geschikt is, bijvoorbeeld voor toepassingen die hoge temperaturen vereisen.

Figuur 10 - Energiebehoefte per eindgebruiker en scenario



Ondersteunende beleidsmaatregelen

Om de geschetste emissiepaden en energiehuishouding te ondersteunen, is een vereenvoudigde reeks van ondersteunende beleidsmaatregelen opgenomen in de E3ME-modellering. Dit is in lijn met IA-40:

- ETS-prijzen zijn gebaseerd op de ‘EU Reference Case 2020’, met aanpassingen voor de impact van de COVID-pandemie;
- recycling van ETS-opbrengsten gebeurt via aanpassingen in belastingtarieven;
- investeringen in efficiëntieverbeteringen zijn gebaseerd op gemiddelde investeringsfactoren uit de Europese impactanalyse.

In deze scenario's is geen CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) geïmplementeerd om consistentie met de Europese Impactassessment te waarborgen.

Luchtvervuilende stoffen

Emissies van luchtverontreinigende stoffen zijn gebaseerd op Eurostat-data tot en met 2021. Voor de periode 2022-2024 worden projecties van de Clean Air Outlook gebruikt. De jaarlijkse groeipercentages zijn gebaseerd op de Europese Impactassessment, gecorrigeerd voor verschillen tussen de Europese en Nederlandse situatie. De correctie wordt gemaakt door groeipercentages voor Nederland en de EU uit de Clean Air Outlook te vergelijken, waarna schaalfactoren worden toegepast op de Europese groeipercentages.

Grondstoffenvraag

De historische vraag naar grondstoffen is gebaseerd op Eurostat-data en omvat drie categorieën: biograndstoffen, metaalertsen en niet-metaal mineralen. De gegevens worden gekoppeld aan indicatoren uit het E3ME-model. De vraag naar metaalertsen en niet-metaal mineralen is direct gelinkt aan de bruto productie (in monetaire termen) van de basis-metalen- en niet-metalen minerale sector. Hierbij wordt rekening gehouden met efficiëntieverbeteringen in het referentiescenario. De vraag naar biograndstoffen is gekoppeld aan de vraag naar bio-energie.

Besteedbaar inkomen

Het besteedbaar inkomen per persoon wordt berekend met een top-down methode. E3ME bepaalt voor de gehele populatie de belastingdruk, prijsniveaus en inkomsten uit salarissen en andere bronnen, die vervolgens per inkomenskwintiel worden uitgesplitst. Via omzettingmatrices wordt de impact per kwintiel geschat, bijvoorbeeld salarisinkomsten beïnvloeden vooral de lagere inkomens, terwijl bepaalde belastingtarieven vooral impact hebben op de hogere inkomens (CE Delft, 2024).

Daarnaast wordt besteedbaar inkomen gekalibreerd tegen exogene BBP-per-capita-projecties, waarbij de jaarlijkse groei wordt toegepast op historische data. De resultaten bevatten ook autonome effecten, die niet specifiek aan beleid zijn toe te schrijven.

A.5 Doorvertaling Europese Impact Assessment naar Nederland

Daar waar een doorrekening van de effecten van het Klimaatplan niet mogelijk is aan de hand van het E3ME-model, is aan de hand van de uitkomsten van de Europese impactanalyse een doorvertaling gemaakt naar de Nederlandse situatie. Dit gaat om de volgende indicatoren:

- investeringsbehoefte per aanbodketen en vraagsector;
- kosten van het energiesysteem;
- kosten van koolstofverwijdering en mitigatie niet-CO₂-emissies;
- impact op biodiversiteit;
- impact op gezondheid;
- kosten van nietsdoen.

In deze bijlage wordt de methode waarmee de doorvertaling is gedaan nader toegelicht.

Investeringsbehoefte aanbodketens

Om een inschatting te maken van de investeringsbehoefte in Nederland om de aanbodketens van het energiesysteem (energieproductie) te verduurzamen, is de investeringsbehoefte op Europees niveau vermenigvuldigd met het aandeel niet-hernieuwbare energieverbruik in Nederland ten opzichte van het Europees totaal. Deze benadering veronderstelt dat de totale Europese investeringsbehoefte in de aanbodketens gelijk wordt verdeeld in Europa naar rato van het niet-hernieuwbare energieverbruik.

We kiezen ervoor om in de doorvertaling uit te gaan van energieverbruik in plaats van energieproductie omdat productie een vertekend beeld kan geven, gezien het feit dat fossiele brandstoffen anno 2024 grotendeels worden geïmporteerd naar Nederland. Daarnaast kijken we in de doorvertaling naar het niet-hernieuwbare deel van het energieverbruik, omdat de meeste investeringen zullen gaan naar hernieuwbare energie (ter vervanging van het niet-hernieuwbare deel). Nederland loopt op basis van cijfers uit 2022 achter in de energietransitie ten opzichte van het Europees gemiddelde (Eurostat, 2024b). Door uit te gaan van het niet hernieuwbare aandeel doen we recht aan het feit dat Nederland meer moet investeren in vervanging van niet-hernieuwbare energievoorziening dan het Europees gemiddelde. Dit betekent overigens niet dat investeringen in het hernieuwbare deel van de energieproductie niet worden meegenomen in de berekening. Wanneer wordt uitgegaan van de niet-hernieuwbare energievraag in Nederland (5,1% van Europees totaal) valt de investeringsbehoefte juist hoger uit dan wanneer zou worden uitgegaan van de totale energievraag in Nederland (4,6% van Europees totaal).

In 2022 bedroeg het totale niet-hernieuwbare finale energieverbruik op Europees niveau 30.307 PJ en in Nederland 1.546 PJ (Eurostat, 2024a). Hiermee is Nederland verantwoordelijk voor 5,1% van het totale niet-hernieuwbare energieverbruik in de EU. Dit percentage is vermenigvuldigd met de investeringsbehoefte in de aanbodketens uit de Europese impactanalyse (Klimaatplan Annex 8, Tabel 26) om te komen tot een indicatie van de investeringsbehoefte in de aanbodketens in Nederland.

Investeringsbehoefte energiesysteem: vraagzijde

Aan de vraagzijde van het energiesysteem (industrie, residentieel, diensten, landbouw en transport) is de investeringsbehoefte per sector op Europees vermenigvuldigd met het energieverbruik per sector in Nederland. Deze berekening veronderstelt dat de investeringsbehoefte per sector gelijk wordt verdeeld in Europa naar rato van het energieverbruik. Onderstaand wordt het energieverbruik in Nederland per vraagsector ten opzichte van het Europees totaal weergegeven (CBS, 2024c) (Odyssee-mure, 2023):

- Industrie (EU 9.923 PJ - NL 546 PJ --> Nederlandse aandeel 5,5%);
- Residentieel (EU 10.802 PJ - NL 422 PJ --> Nederlandse aandeel 3,9%);
- Diensten (EU 5.485 PJ - NL 275 PJ --> Nederlandse aandeel 5,0%);
- Landbouw (EU 1.231 PJ - NL 161 PJ --> Nederlandse aandeel 13,1%);
- Transport (EU 11.597 PJ - NL 386 PJ --> Nederlandse aandeel 3,3%).

De bovengenoemde cijfers hebben betrekking op het jaar 2021. Er is uitgegaan van het totale energieverbruik omdat het niet-hernieuwbare energieverbruik niet beschikbaar is op sectorniveau.

Kosten van het energiesysteem

Voor de doorvertaling van de energiesysteemkosten naar de Nederlandse situatie is gebruik gemaakt van dezelfde methodologische aanpak als voor het berekenen van de investeringsbehoefte in de aanbodketens. De doorvertaling van de totale energiesysteemkosten in Europa wordt gemaakt aan de hand van het niet-hernieuwbare energieverbruik in Nederland ten opzichte van Europa (5,1%). In Tabel 18 van de Europese impactanalyse worden de sectoren diensten en landbouw als één gehele tertiaire sector beschouwd.

Kosten koolstofverwijdering landgebruik en bosbouw en mitigatie niet-CO₂-emissies

Vanwege de unieke positie van Nederland in de sector landgebruik en bosbouw zijn de kosten voor koolstofverwijdering voor deze sector niet vertaald naar Nederland. De kosten voor het mitigeren van niet-CO₂-emissies is wel vertaald naar Nederland, op basis van de niet-CO₂-emissies in Nederland ten opzichte van het Europees totaal. Deze aanpak veronderstelt dat mitigatiekosten gelijk worden verdeeld in Europa naar rato van het nationale aandeel niet-CO₂-emissies in het land. In 2022 bedroeg de totale uitstoot van niet-CO₂-emissies in Nederland 26,3 megaton (EEA, 2024) waarvan naar schatting 71% afkomstig is uit de landbouw (CBS, 2023). De totale uitstoot van niet-CO₂-emissies in de EU was in 2022 gelijk aan 652 megaton (EEA, 2024), wat betekent dat het Nederlandse aandeel in deze emissies 4,0% bedraagt. Dit percentage is vermenigvuldigd met de kosten voor het mitigeren van niet-CO₂ emissies op Europees niveau (Tabel 39 Annex 8 Europese impactanalyse) om te komen tot een indicatie van de mitigatiekosten van niet-CO₂ emissies voor Nederland.

Impact op gezondheid

Voor de inschatting van de impact van het klimaatplan op gezondheidsschade in Nederland, is gebruik gemaakt van de verminderde luchtverontreiniging die optreedt als gevolg van het Klimaatplan. De emissie van luchtverontreinigende stoffen is een uitkomst uit het E3ME-model. De verminderde luchtverontreiniging wordt vervolgens vermenigvuldigd met de milieuprijzen van deze stoffen voor gezondheid, afkomstig uit het CE Delft Handboek voor Milieuprijzen 2023.

Impact op biodiversiteit

Voor de inschatting van de impact van het klimaatplan op biodiversiteitsschade in Nederland, is gebruik gemaakt van de verminderde luchtverontreiniging die optreedt als gevolg van het Klimaatplan. De emissie van luchtverontreinigende stoffen is een uitkomst uit het E3ME-model. De verminderde luchtverontreiniging wordt vervolgens vermenigvuldigd met de milieuprijzen van deze stoffen voor biodiversiteit, afkomstig uit het CE Delft Handboek voor Milieuprijzen 2023.

Kosten van nietsdoen

De Europese impactanalyse geeft schattingen van de economische schade op Europees niveau als gevolg van klimaatverandering. Deze economische schade is uitgedrukt als percentage van het BBP. Voor Europa als geheel wordt de klimaatschade in het jaar 2040 geschat op 1,7% en voor het jaar 2050 op 2,3% van het BBP.

Voor West-Europese landen wordt de klimaatschade in het jaar 2100 geschat op 6,1 tot 6,3% van het BBP.⁵⁸ Om te komen tot een indicatie van de klimaatschade in absolute termen zijn bovengenoemde percentages vermenigvuldigd met het Nederlandse BBP in 2022.

Tabel 40 - Overzicht gekozen methode voor doorvertaling Europese Impact Assessment naar Nederland

Indicator	Methode doorvertaling	Cijfers Europese Impactassessment	Kengetal vertaling naar NL
Investeringsbehoefte energiesysteem - aanbodketens	Aandeel niet-hernieuwbaar energieverbruik in NL t.o.v. Europees totaal.	Tabel 26 Annex 8.	5,1% van investeringsbehoefte EU.
Investeringsbehoefte energiesysteem - vraagsector	Energieverbruik per sector in NL t.o.v. van Europees totaal.	Tabel 26 Annex 8.	Industrie 5,5%; Residentieel 3,9%; Diensten 5,0%; Landbouw 13,1%; Transport 3,3%.
Kosten van het energiesysteem	Aandeel niet-hernieuwbaar energieverbruik in NL t.o.v. Europees totaal.	Tabel 19.	5,1% van energiesysteemkosten EU.
Kosten koolstofverwijdering landgebruik en bosbouw	Doorvertaling naar NL niet mogelijk.	-	-
Mitigatiekosten niet-CO ₂ -emissies	Aandeel niet-CO ₂ -emissies t.o.v. Europees totaal.	Tabel 39 Annex 8.	4,0% van mitigatiekosten niet-CO ₂ -emissies EU.
Effecten op gezondheid	Waardering effect luchtverontreiniging op gezondheidsschade o.b.v. milieuprijzen.	-	
Effecten op biodiversiteit	Waardering effect luchtverontreiniging op biodiversiteitsschade o.b.v. milieuprijzen.	-	
Kosten van nietsdoen	Economische schade als % van BBP vermenigvuldigd met BBP 2022.	Annex 6 hoofdstuk 3.3.3.2 en 3.3.3.3.	6,1-6,3% van BBP.

⁵⁸ De Europese impactanalyse maakt alleen voor het jaar 2100 onderscheid in de klimaatschade (als % BBP) tussen verschillende Europese regio's.

B Gezondheid

In de Europese impactanalyse wordt de impact op de gezondheid berekend aangegeven aan de hand van verminderde luchtverontreiniging. Het gaat dus om de mate waarin de emissies doorwerken in de ziekte- en sterftecijfers. De meest schadelijke stoffen betreffen PM_{2.5}, tropospheric ozone en NO_x (vermindering van in totaal 58%). Er wordt vervolgens gekeken naar de bespaarde vroegtijdige doodgeborenen per jaar (postnatale sterfte) en de kosten daarvan (vermindering van 55-61%).

Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. uit de Europese Impactanalyse geeft een overzicht van de berekeningen gedaan in de Europese Impactanalyse. De jaarlijkse opbrengsten van de vermindering van luchtverontreiniging en vermindering van de gerelateerde dodelijke vroeggeboorten en vroegtijdig overlijden zijn in S3 € 1-2 miljard (zowel in 2031-2040 als 2041-2050).

Doorvertaling naar Nederland

Voor de situatie in Nederland geldt dat de impact van de maatregelen afhangt van de mate waarm PM_{2.5} en ozon verminderd zijn. Vooralsnog geeft het RIVM (2024) aan dat de *ziekte-last* van luchtverontreiniging vergelijkbaar is met het effect van overgewicht (5%). Het RIVM gebruikt vervolgens de cijfers van Maas et al. (2015) die een overzicht geven van de berekende *ziektelast* door PM_{2.5} (fijnstof) en NO₂ in Nederland, gebaseerd op een aantal studies.

Tabel 41 - Overzicht van emissies van en schade door luchtverontreinigende stoffen, en de verandering die optreedt per scenario

	2015	2040				Verandering 2015-2040			
		S1	S2	S3	LIFE	S1	S2	SS	LIFE
Emissies door primaire luchtverontreinigende stoffen									
SO ₂	2.316	525	529	529	529	-1.791 (-77.3%)	-1.787 (-77.1%)	-1.787 (-77.1%)	-1.787 (-77.1%)
NO _x	7.392	2.140	2.140	2.114	1.913	-5.252 (-71.1%)	-5.252 (-71.1%)	-5.277 (-71.4%)	-5.478 (-74.1%)
PM _{2.5}	1.380	521	524	521	517	-859 (-62.2%)	-857 (-62.1%)	-859 (-62.2%)	-863 (-62.5%)
VOC	6.362	4.503	4.501	4.497	4.259	-1.860 (-29.2%)	-1.861 (-29.3%)	-1.865 (-29.3%)	-2.103 (-33.1%)
NH ₃	3.690	3.086	3.090	3.091	2.346	-604 (-16.4%)	-600 (-16.3%)	-599 (-16.2%)	-1.345 (-36.4%)
Premature doden veroorzaakt door PM2.5 en blootstelling aan ozon									
Uitgedrukt in 1.000 doden per jaar	466	197	198	196	188	-268 (-57.6%)	-268 (-57.6%)	-269 (-57.8%)	-277 (-59.5%)
Uitgedrukt in 1.000 levensjaar verloren per jaar	5.977	2.667	2.668	2.650	2.544	-3.309 (-55.4%)	-3.309 (-55.4%)	-3.326 (-55.7%)	-3.432 (-57.4%)



	2015	2040				Verandering 2015-2040				
		S1	S2	S3	LIFE	S1	S2	SS	LIFE	
Kosten gerelateerd aan <i>premature</i> doden veroorzaakt door PM2.5 en blootstelling aan ozon (EUR 2023 miljard/jaar)										
Hogere waardering (VSL*)	1.724	677	677	673	646	-1.047 (-60.7%)	-1.046 (-60.7%)	-1.051 (-61.0%)	-1077 (-62.5%)	
Lagere waardering methode (VOLY*)	686	306	306	304	292	-380 (-55.4%)	-380 (-55.4%)	-382 (-55.7%)	-394 (-57.4%)	

* Voor de hogere waardering is de methode Value of Statistical Life (VSL) gebruikt, en voor de lagere methode de Value of A Life Year (VOLY). Beide methoden worden ook toegepast in de *third Clean Air Outlook*.
Bron: EC (2024). GAINS, Deel 2, p.49-50.

Doorvertaling naar Nederland

Voor de situatie in Nederland geldt dat de impact van de maatregelen afhangt van de mate waarin PM_{2.5} en ozon verminderd zijn. Vooralnog geeft het RIVM aan dat de *ziektelast* van luchtverontreiniging vergelijkbaar is met het effect van overgewicht (5%) (RIVM, z.d.). Het RIVM gebruikt vervolgens de cijfers van (Maas et al., 2015) die een overzicht geven van de berekende *ziektelast* door PM_{2.5} (fijnstof) en NO₂ in Nederland, gebaseerd op een aantal studies.

Tabel 42 -Omvang van een aantal aan fijnstof (PM_{2.5}) en NO₂ (stikstofdioxide) gerelateerde ziektebeelden in 2013 ten opzichte van de situatie zonder luchtverontreiniging⁵⁹

Gezondheidsindicator	Ziektelast door fijnstof en NO ₂	Aandeel in de totale ziektebelast
Vroegtijdige sterfte bij blootstelling gedurende gehele levensduur		
Levensduurverkorting bij langjarige blootstelling	13 maanden per persoon gemiddeld	
Jaarlijkse gezondheidseffecten die daarnaast optreden		
Postneonatale sterfte	13 per jaar	8% van de totale postneonatale sterfte
Bronchitisklachten onder kinderen met luchtwegaandoeningen (aantal kinderen)	12.400	15% van kinderen met klachten; 1% van alle kinderen
Jaarlijks aantal nieuwe gevallen van chronische bronchitis bij volwassenen	6.900	21% van alle bronchitispatiënten; <0,1% onder alle volwassenen
Aantal vroegtijdige doden door verhoogde dagelijkse niveaus PM10 (fijnstof) en O ₃	2.400	2% van alle jaarlijkse sterftegevallen
Ziekenhuisspoedopnamen voor hart/ vaatklachten	2.600	1% van alle klinische opnamen voor hart- en vaatklachten
Ziekenhuisspoedopnamen voor luchtwegklachten	2.200	2% van alle klinische opnamen voor luchtwegklachten
Werkverzuim (dagen)	4.500.000	6% van het totale verzuimdagen
Aantal dagen met klachten bij kinderen met astma	500.000	6% van het totale aantal astmaklachten onder astmatische kinderen

⁵⁹ De getallen kennen een onzekerheidsmarge: voor de schatting van de levensduurverkorting is deze ca. 30%; voor de andere effectmaten is deze groter (Maas et al. 2015).

Gezondheidsindicator	Ziektelast door fijnstof en NO ₂	Aandeel in de totale ziekte­last
Dagen met beperkte lichamelijke activiteit (inclusief werkverzuim, ziekenhuisspoedopnames, dagen met klachten)	20.000.000	6% van het totale jaarlijks aantal dagen met beperkte activiteit (gemiddeld is dat 1 dag per jaar door luchtverontreiniging)
Laag geboortegewicht (<2.500g)	2.400	21% van alle lage geboortegewichten (1% van alle geboortes)
Longkanker	1.200	11% van alle longkankersterfte

Bron: [Gezondheidseffecten van luchtverontreiniging in context | RIVM.](#)