



Effectief beleid om de Nederlandse biodiversiteitsvoetafdruk te halveren

Doorrekening van zes beleidsopties met het Biodiversity Footprint Family Framework

Chloë de Vries, Allard Jellema, Hatem Chouchane, Nico Polman, Peter Roebeling, Adam N. Walker en Willem-Jan van Zeist



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effectief beleid om de Nederlandse biodiversiteitsvoetafdruk te halveren

Doorrekening van zes beleidsopties met het Biodiversity Footprint Family Framework

Chloë de Vries, Allard Jellema, Hatem Chouchane, Nico Polman, Peter Roebeling, Adam N. Walker en Willem-Jan van Zeist

Chloë de Vries,¹ Allard Jellema,¹ Hatem Chouchane,¹ Nico Polman,¹ Peter Roebeling,² Adam N. Walker¹ en Willem-Jan van Zeist¹, 2025. *Effectief beleid om de Nederlandse biodiversiteitsvoetafdruk te halveren; Doorrekening van zes beleidsopties met het Biodiversity Footprint Family Framework*. Wageningen, Wageningen Social & Economic Research, Rapport 2025-093. 98 blz.; 19 fig.; 2 tab.; 103 ref.

¹ Wageningen Social & Economic Research

² Universidade de Aveiro

Het KOEVOET-project onderzocht aan de hand van het Biodiversity Family Footprint Framework hoe beleid de biodiversiteitsvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie kan reduceren. Met zes beleidsopties, met een belangrijke bijdrage van het EAT-Lancet-dieet en het halveren van voedselverspilling, is 48% reductie haalbaar. De chemische voetafdruk, landvoetafdruk en broeikasgasvoetafdruk hebben de grootste impact op potentieel biodiversiteitsverlies. Integraal beleid, het combineren van technologie met breder beleid en gedragsverandering zijn essentieel om blijvende resultaten te boeken.

The KOEVOET project explored how policy can reduce the biodiversity footprint of Dutch food consumption by means of the Biodiversity Family Footprint Framework. Six policy options, with an important contribution of the EAT-Lancet diet and halving food waste, could achieve a 48% reduction. The chemical footprint, land footprint and carbon footprint have the largest impact on potential biodiversity loss. Integrated policy, international cooperation, and behavioural change are essential for lasting results.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/692539> of op www.wur.nl/social-economic-research (onder Wageningen Social & Economic Research publicaties).

© 2025 Wageningen Social & Economic Research

Postbus 29703, 2502 LS Den Haag, T 070 335 83 30, E info.wser@wur.nl, www.wur.nl/social-economic-research. Wageningen Social & Economic Research is onderdeel van Wageningen University & Research.



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Social & Economic Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2025

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Social & Economic Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Social & Economic Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Wageningen Social & Economic Research Rapport 2025-093 | Projectcode 2382700632

Foto's: Shutterstock; hoofdstuk 3 (pag. 27): Editorial credit: Q world / Shutterstock.com; hoofdstuk 6 (pag. 50): Jacomien Jellema-Haijtema; hoofdstuk 8 (pag. 63): Editorial credit: Kiev.Victor / Shutterstock.com

Inhoudsopgave

Lijst van begrippen	7
Woord vooraf	9
Samenvatting	10
Summary	13
1 Inleiding.....	17
1.1 Grote druk op biodiversiteit.....	17
1.2 Beleidsinzet voor biodiversiteitsherstel.....	17
1.3 Reduceren van de biodiversiteitsvoetafdruk	18
1.4 Berekenen voetafdruk en identificeren van beleidsopties	19
1.5 Leeswijzer	19
2 Van ecologische voetafdruk naar biodiversiteitsvoetafdruk	21
2.1 Wat is een voetafdruk?.....	21
2.2 De ecologische voetafdruk: een veel gebruikte indicator om impact te meten.....	21
2.3 De biodiversiteitsvoetafdruk: een familie aan voetafdrukindicatoren	23
2.4 Toepassing van voetafdrukindicatoren in beleid.....	23
2.5 Potentially Disappeared Fraction of Species	24
3 Methode.....	27
3.1 Fase 1: Opstellen beleidsscenario.....	28
3.2 Fase 2: Modelleren effecten beleidsscenario	29
3.3 Fase 3: Berekenen voetafdrukken	29
3.4 Fase 4: Berekenen veranderingen in biodiversiteit.....	30
3.5 Fase 5: Berekenen economische effecten	31
4 Definitieve Beleidsscenario	34
4.1 Afgevallen beleidsopties en hoog potentieel beleidsopties	34
4.2 Geselecteerde beleidsopties voor Beleidsscenario	35
4.3 Observaties uit de literatuuranalyse	35
5 Impact op biodiversiteit per voetafdrukindicator.....	38
5.1 Modelleren Beleidsscenario	38
5.2 Impact per voetafdrukindicator	39
5.3 Vergelijking impacts voor elke individuele beleidsoptie	48
6 Impact van de Nederlandse voedselconsumptie op biodiversiteit	50
6.1 Impact van het Beleidsscenario op het reduceren van de biodiversiteitsvoetafdruk	50
6.2 Economische effecten doorvoering Beleidsscenario.....	54
7 Bevindingen en belangrijkste conclusies	57
7.1 Belangrijkste inzichten.....	57
7.2 Afstemming tussen schaalniveaus noodzakelijk	58
7.3 Een integrale set aan voetafdrukindicatoren geeft een completer beeld	59
7.4 Reflectie op methodologie	60
8 Vooruitblik: Een pleidooi voor integraal beleid	63
8.1 Beperk het waterbedeffect: zet in op integraal beleid	63
8.2 Innovatie als sleutel, naar niet als enige oplossing: Combineer technologie met breder beleid.....	64
8.3 Stimuleer gedragsverandering vanuit een systeembenadering ..	65
Bronnen en literatuur.....	67
Bijlage 1 SSP2 outlook en verschil met Beleidsscenario.....	72
Bijlage 2 Voetafdrukken in relatie tot ecosysteem en taxa, biodiversiteitsberekeningen en onzekerheidsmarges.....	74
Bijlage 3 Landvoetafdruk resultaten individuele beleidsopties	77
Bijlage 4 Broeikasgasvoetafdruk resultaten individuele beleidsopties	79
Bijlage 5 Watervoetafdruk resultaten individuele beleidsopties.....	81
Bijlage 6 Nutriëntenvoetafdruk resultaten individuele beleidsopties	83
Bijlage 7 Chemische voetafdruk resultaten individuele beleidsopties	87
Bijlage 8 Ecologische voetafdrukresultaten	90
Bijlage 9 Economische impactscenario's	91

Lijst van begrippen

Beleidsinstrument – Een middel dat wordt ingezet door de overheid om een bepaald beleidsvoornemen te realiseren. Er zijn veel verschillende typen beleidsinstrumenten, waarbij de overheid steeds een wisselende rol aanneemt. Gebaseerd op het Beleidskompas van de overheid zijn dit bijvoorbeeld financiële middelen (subsidies, heffingen), juridische middelen (wet- en regelgeving) en communicatiemiddelen (omgevingsprikkels, voorlichting).

Beleidsoptie – Een aanpak om een bepaald beleidsdoel te behalen. Een beleidsoptie kan meerdere beleidsinstrumenten omvatten die bijdragen aan hetzelfde doel. De beleidsoptie geeft de richting van beleid aan en laat zo de mogelijke effecten zien van een bepaald beleidstraject, maar is doorgaans geen concrete actie die direct uitgevoerd kan worden zoals wel het geval is bij een beleidsinstrument.

Beleidsscenario – Een combinatie van diverse beleidsopties die tegelijkertijd worden ingezet. De afzonderlijke beleidsopties kunnen zowel een eigen focus hebben, zoals een bepaalde voedselgroep of een doelgroep, of een gezamenlijke focus doordat beleidsopties elkaar versterken. Het beleidsscenario wordt ingezet om de effecten van verschillende combinatie van beleidsopties in kaart te brengen.

Biodiversiteitsvoetafdruk – Deze voetafdruk geeft het mondiale verlies aan biodiversiteit weer ten gevolge van consumptie. Het betreft hier de combinatie van de voetafdrukindicatoren (zie beneden) voor land, broeikasgassen, water, nutriënten (zowel fosfor als stikstof) en chemicaliën. Dit wordt ook wel het Biodiversity Footprint Family Framework (BFFF) genoemd.

Biodiversity Footprint Family Framework (BFFF) – Het BFFF meet de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie aan de hand van land-, broeikasgas-, water-, nutriënten- en chemische voetafdruk.

EAT-Lancet-dieet – Een voorgeschreven dieet door EAT en The Lancet-commissie waarbij het gezondheidsaspect en de ecologische duurzaamheid van het dieet leidend zijn. Het dieet benadrukt een plantaardig dieet waarbij volkoren granen, fruit, groenten, noten en peulvruchten het grootste deel van de geconsumeerde voedingsmiddelen vormen. Vlees en zuivelproducten vormen belangrijke onderdelen van het dieet, maar in aanzienlijk kleinere hoeveelheden dan bovengenoemde.

Ecologische voetafdruk – De hoeveelheid landoppervlak die gepaard gaat met productie, uitgedrukt in 'Global Hectares' (zie hieronder).

Global hectares – De hoeveelheid ruimte die mondiaal gemiddeld nodig is om grondstoffen voor consumptie te produceren, afgekort gha. Dit betreft zowel het landoppervlak dat in gebruik is voor de directe productie, als het landoppervlak dat nodig is voor het compenseren van de broeikasgasuitstoot die gepaard gaat met de productie.

Potentially Disappeared Fraction of Species – De impact van menselijk handelen op de wereldwijde biodiversiteit uitgedrukt in de eenheid Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF). Deze eenheid laat zien welke fractie van de wereldwijde soortenrijkdom zou kunnen verdwijnen wanneer deze milieudruk voortduurt. Dit heet ook wel de 'diepte' van de biodiversiteitsvoetafdruk, ofwel de impact van de verschillende drukpunten.

Taxa – Een taxon (meervoud taxa) is een eenheid/rang die gebruikt wordt om organismen (planten, dieren en schimmels) in te delen. Ook wel taxonomie genoemd.

Voetafdrukindicator – Voetafdrukindicatoren bieden inzicht in de druk die consumptie heeft op milieu en natuur, waar in de keten deze druk plaatsvindt en op welke locatie deze druk tot uiting komt, zowel nationaal als internationaal. Daarbij wordt gekeken naar de 'grootte' van de voetafdruk, ofwel hoeveel van een bepaalde natuurlijke hulpbron gebruikt wordt of hoeveel uitstoot er gepaard gaat met consumptie. In deze studie worden de voetafdrukindicatoren weergegeven voor land, broeikasgassen, water, nutriënten (zowel fosfor als stikstof) en chemicaliën.

Shared Socioeconomic Pathway (SSP) – Een klimaatveranderingsscenario waarin geprojecteerde sociaal-economische mondiale veranderingen tot 2100 zijn weergegeven, zoals gedefinieerd in het IPCC Sixth Assessment Report over klimaatverandering in 2021.

SSP2 - Het meest gebruikte SSP is het 'Middle of the Road'-scenario (SSP2). SSP2 wordt in deze studie gebruikt als toekomstscenario waartegen het Beleidsscenario wordt afgezet.

Thema beleidsoptie – De clustering van beleidsopties op basis van de thematiek en/of onderdelen van het voedselsysteem, van waar de impact van menselijk handelen op biodiversiteit zit. Voorbeelden van thema's zijn 'behoud en herstel van biodiversiteit', en 'klimaatadaptatie- en mitigatie' en 'landbouwpraktijken'.

Type beleidsoptie – Het beleidsinstrument dat de overheid kan toepassen om bepaalde beleidsdoelstellingen te bereiken gebaseerd op het Beleidskompas van de overheid (zie ook 'Beleidsinstrument').

Thema-typecombinatie – Categorisering van diverse beleidsopties op basis van het thema en de type beleidsoptie. Als voorbeeld kan op het thema 'behoud en herstel van biodiversiteit' met zowel het instrument juridisch (het wettelijk opstellen van beschermde gebieden) als met het instrument communicatie (informatiecampagnes over het belang van het behoud van bepaalde soorten) ingezet worden.

Woord vooraf

In 2019 publiceerde het VN-panel voor biodiversiteit en ecosysteemdiensten (IPBES) een rapport waarin de wereldwijde achteruitgang van biodiversiteit als gevolg van menselijk handelen werd gedocumenteerd. Deze afname heeft ingrijpende gevolgen voor ecosystemen en de voedselproductie. De bevindingen onderstrepen de urgentie van het ontwikkelen en implementeren van effectieve beleidsinstrumenten om de biodiversiteitsvoetafdruk van consumptie te reduceren.

Ondanks diverse beleidsinitiatieven is het vaak onduidelijk welke inspanningen nodig zijn om biodiversiteitsdoelen daadwerkelijk te realiseren. Dit rapport, opgesteld in kader van het project 'Kosteneffectief verbeteren grootte en diepte voetafdruk' (KOEVOET) door Wageningen Social & Economic Research, brengt het effect van verschillende beleidsopties in kaart. Daarbij wordt gebruikgemaakt van een innovatieve benadering: het Biodiversity Footprint Family Framework (BFFF), een methodologie die verschillende voetafdrukindicatoren combineert om zowel de omvang als de diepte onze biodiversiteitsvoetafdruk meten.

Het KOEVOET-project richt zich op het kwantificeren van de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie en onderzoekt de impact van een Beleidsscenario dat tot doel heeft deze voetafdruk te halveren. De analyse toont dat een combinatie van zes strategische beleidsopties, waaronder een transitie naar het EAT-Lancet-dieet en het halveren van voedselverspilling, een significante bijdrage leveren aan het behalen van deze doelstelling. Tegelijkertijd onderstreept de studie de noodzaak van een integrale beleidsaanpak en internationale samenwerking om ongewenste neveneffecten, zoals het waterbedeffect, te voorkomen.

Dit rapport biedt waardevolle inzichten voor beleidsmakers, wetenschappers en belanghebbenden in de voedselketen. Het laat zien dat een halvering van de biodiversiteitsvoetafdruk haalbaar is, mits een breed palet aan beleidsopties

wordt gecombineerd en structureel wordt geïmplementeerd. De bevindingen in dit rapport kunnen bijdragen aan de verdere ontwikkeling van effectief beleid om biodiversiteitsverlies te verminderen, om daarmee de basis van ons voedselsysteem te beschermen.



Ir. O. (Olaf) Hietbrink
Instituutmanager Wageningen Social & Economic Research
Wageningen University & Research

Dankbetuigingen

Dit onderzoek is tot stand gekomen met bijdragen van Walter Rossi Cervi, Rolf Michels, Veerle Siegerink, Charlotte van Haren, Teun van der Werf, Michiel van Eupen, Arianna Accomo en Kaleb Jada. Wij danken hen hartelijk voor hun inzet. Daarnaast bedanken we de deelnemers van de klankbordgroep vanuit LVVN en PBL. Zij hebben een waardevolle bijdrage geleverd aan de relevantie van het onderzoek en het aanscherpen van de methodiek. Als laatste bedanken we Jop Woltjer, senior onderzoeker bij Wageningen Social & Economic Research, en Gonne Beekman, teamleider bij Wageningen Social & Economic Research, voor de grondige review.

Het KOEVOET-project wordt gefinancierd vanuit het BO-programma (Projectnummer 2382700568) van Wageningen University & Research (WUR). Met dit programma draagt WUR bij aan de realisatie van de maatschappelijke taken van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN).

Samenvatting

Biodiversiteit vormt de basis van ons voedselsysteem, maar staat wereldwijd onder grote druk door menselijk handelen. Voedselproductie en -consumptie zijn belangrijke oorzaken van biodiversiteitsverlies, vooral door de grootschalige omzetting van natuurlijke ecosystemen naar landbouwgrond. Ondanks dat er op grote schaal beleid wordt uitgerold, is het niet altijd duidelijk welke inspanningen er nodig zijn om doelen op gebied van het herstel en behoud van biodiversiteit te realiseren. In deze beleidscontext heeft Wageningen Social & Economic Research in het meerjarige project 'Kosteneffectief verbeteren grootte en diepte voetafdruk' (KOEVOET) het potentiële effect van diverse beleidsopties die door de overheid kunnen worden ingezet om de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie te reduceren in kaart gebracht.

Op basis van de afspraken die tijdens de Conference of Parties (COP-15) zijn gemaakt, moet Nederland rapporteren over de voortgang bij het verkleinen van de biodiversiteitsvoetafdruk, zoals beschreven in het Nationaal Biodiversiteitsstrategie Actieplan Nederland (NBSAP). De ambitie van dit project gaat verder dan alleen rapporteren: het beoogt te beoordelen welke inspanningen nodig zijn om de Nederlandse biodiversiteitsvoetafdruk te halveren.

Van één enkele voetafdrukindicator naar een Biodiversity Footprint Family Framework (BFFF)

Om het effect van beleidsopties op de biodiversiteitsvoetafdruk te beoordelen, is inzicht nodig in hun reductiepotentieel. Voetafdrukindicatoren bieden hiervoor een effectief hulpmiddel door de milieu- en natuurdruk van consumptie in beeld te brengen, inclusief de herkomst in de keten en de locatie van de impact, zowel nationaal als internationaal.

De ecologische voetafdruk is een veelgebruikte indicator die de landbehoefte van consumptie meet, maar geen compleet beeld geeft van de impact op biodiversiteit. Dit komt omdat deze indicator alleen de omvang (de 'grootte') van ons consumptiegedrag meet, en niet het effect op de kwaliteit (de 'diepte') van biodiversiteit.

Omdat biodiversiteit op verschillende manieren beïnvloed kan worden (bijvoorbeeld zowel door verandering in landgebruik als door vervuiling), volstaat één enkele indicator niet om de effecten van beleidsopties in kaart te brengen. Een combinatie van indicatoren, oftewel een voetafdrukfamilie, kan deze verschillende aspecten wel adequaat in kaart brengen. Door meerdere indicatoren te combineren in een 'voetafdrukfamilie', ontstaat een beter afgewogen beeld van de gevolgen van beleidskeuzes. Dit helpt beleidsmakers bij het maken van integrale afwegingen en zorgt voor een effectievere monitoring.

In het KOEVOET-project wordt daarom het Biodiversity Footprint Family Framework (BFFF) gebruikt om de impact van beleidsopties op de biodiversiteit in beeld te brengen. Het BFFF meet de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie aan de hand van land-, broeikasgas-, water-, nutriënten en chemische voetafdruk.

Een beleidsscenario voor het halveren van de biodiversiteitsvoetafdruk

In dit onderzoek wordt het BFFF toegepast op een beleidsscenario gericht op het halveren van de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse consumptie. Een uitgebreide lijst van beleidsopties is samengesteld door middel van literatuuronderzoek en interviews met experts in biodiversiteit en voedselsystemen.

Deze opties zijn geanalyseerd en geprioriteerd, wat resulteerde in zes effectieve en meetbare maatregelen die samen het Beleidsscenario vormen:

- Overstappen naar het EAT-Lancet dieet.
- Efficiënter gebruik van inputs.
- Due diligence op schadelijke producten.
- Belasting op emissies.
- Uitbreiding van beschermde gebieden.
- Halveren van voedselverspilling.

Deze maatregelen zijn doorgerekend met het MAGNET-model, een macro-economisch evenwichtsmodel dat de impact van beleid op landbouw, handel, landgebruik en bio-energie simuleert. Uit het MAGNET-model volgen gegevens over productie- en consumptiehoeveelheden, land van herkomst en grondstoffengebruik. Deze vormen de input voor het berekenen van de biodiversiteitsvoetafdruk met het BFFF. De beleidsopties zijn gemodelleerd met de onderliggende aanname dat elke optie volledig is ingevoerd en overgenomen (100% effect). Er zijn drie scenario's doorgerekend: (1) het basisjaar 2017, (2) een toekomstig scenario SSP2 voor het jaar 2050 en (3) het Beleidsscenario voor het jaar 2050.

Resultaten: een halvering met potentieel waterbedeffecten

Het Beleidsscenario komt in de buurt van een halvering van de biodiversiteitsvoetafdruk

Het Beleidsscenario, dat bestaat uit zes verschillende beleidsopties, resulteert in een geschatte reductie van ongeveer 48% in biodiversiteitsverlies. Dit brengt de doelstelling van een halvering van de biodiversiteitsvoetafdruk tegen 2050 binnen bereik. De effecten van deze reductie zijn merkbaar zowel in Nederland (bijvoorbeeld aanpassing in dieet) als binnen de EU (bijvoorbeeld belastingen van emissies) en zelfs wereldwijd (bijvoorbeeld uitbreiding van beschermde gebieden), wat aangeeft dat de voorgestelde beleidsopties een bredere impact hebben dan alleen op nationaal niveau.

Biodiversiteitsvoetafdruk ligt grotendeels buiten Nederland

De biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie ligt grotendeels buiten Nederland. In 2017 lag 60% van de biodiversiteitsvoetafdruk van Nederland buiten Europa, wat de wereldwijde impact van onze voedselconsumptie benadrukt. Dit onderstreept de noodzaak van internationale samenwerking om de biodiversiteitsvoetafdruk te verminderen.

Chemische voetafdruk levert een grote bijdrage aan de druk op biodiversiteit

De grootste bijdragen aan biodiversiteitsverlies in dit onderzoek komt van de land-, broeikasgas- en chemische voetafdrukken. Opvallend is dat de chemische voetafdruk – impact door vervuiling vanuit restproducten van toegepaste pesticiden – een vergelijkbare negatieve impact heeft op biodiversiteit als de land- en broeikasgasvoetafdruk. Dit is een nieuw inzicht, aangezien de wetenschappelijke literatuur doorgaans de landvoetafdruk als dominante factor beschouwt, gevolgd door de broeikasgasvoetafdruk. Een mogelijke verklaring is dat chemische vervuiling grote hoeveelheden water kan aantasten en sterker locatiegebonden is dan bijvoorbeeld de mondiale, langetermijneffecten van broeikasgasemissies. Hierdoor is de ecologische impact wijdverspreid en relatief direct. Daarnaast meet de chemische voetafdruk het *virtueel* watergebruik dat nodig is om vervuiling tegen te gaan en betreft het dus een groter volume water dan het direct aangetaste volume water.

Het EAT-Lancet-dieet en vermindering van voedselverspilling zijn de meest effectieve beleidsopties

De meest effectieve beleidsopties (grootste reductie van de biodiversiteitsvoetafdruk ten opzichte van het basisjaar 2017) zijn de overgang naar het EAT-Lancet-dieet en de vermindering van voedselverspilling, ervan uitgaande dat de beleidsopties volledig worden geïmplementeerd. Het EAT-Lancet-dieet bevordert een duurzamer, plantaardig voedingspatroon, wat zowel milieu- als gezondheidsvoordelen oplevert en bijdraagt aan efficiënter grondstoffengebruik. Het verminderen van voedselverspilling verlaagt de druk op ecosystemen door efficiënter gebruik te maken van natuurlijke hulpbronnen.

Kans op waterbedeffect is reëel

Hoewel de voorgestelde maatregelen, zoals een CO₂-belasting, effectief kunnen zijn in het verminderen van de milieu-impact binnen de EU, bestaat er een aanzienlijk risico op het zogenaamde waterbedeffect. Dit effect ontstaat bijvoorbeeld wanneer bedrijven, om te ontsnappen aan strengere milieuregels en hogere kosten binnen de EU, hun productie verplaatsen naar regio's of landen waar de milieuwetgeving minder streng is en/of goedkopere productiemogelijkheden beschikbaar zijn. Dit verschuift de milieu-impact en de voetafdruk van de voedselconsumptie van de EU naar andere delen van de wereld in plaats van deze daadwerkelijk te verminderen.

Aanbevelingen: Een pleidooi voor integraal beleid

Zet in op integraal beleid

De kans op een waterbedeffect benadrukt dat beleidsopties zoals een CO₂-belasting alleen effectief kunnen zijn wanneer ze deel uitmaken van een integrale strategie. Voorbeelden van integraal beleid dat gericht is op het mitigeren van de negatieve externaliteiten van nationaal beleid zijn het combineren van een CO₂-belasting met maatregelen om duurzame diëten te stimuleren, zoals het EAT-Lancet-dieet, of het combineren van een CO₂-belasting met mechanismen die de impact van geïmporteerde voedselproducten aanpakken, zoals de EU-ontbossingsverordening (EUDR) en het Carbon Border Adjustment Mechanism van de EU.

Daarnaast is internationale samenwerking essentieel om het waterbedeffect te voorkomen. Om weglek-effecten te voorkomen, is het noodzakelijk dat landen niet geïsoleerd opereren. Veel beleid wordt nationaal of regionaal geïmplementeerd, wat kan leiden tot inconsistenties tussen landen. Harmonisatie van beleid en gezamenlijke investeringen in schone technologieën kunnen helpen om wereldwijde emissiereducties te realiseren en een eerlijker speelveld te creëren.

Combineer technologie met breder beleid

Technologische innovaties zoals satellietnavigatie, drones en precisiebemesting kunnen bijdragen aan verduurzaming in de landbouw, maar vormen geen op zichzelf staande oplossingen. Hoewel innovatie vaak als sleutel wordt gezien, tonen studies aan dat technologische vooruitgang alleen onvoldoende is om uitdagingen rond klimaat, milieu en biodiversiteit aan te pakken. Naast innovatie zijn bredere beleidsopties nodig, zoals extensivering en gedragsverandering bij consumenten. Een integrale strategie die technologie combineert met economische, sociale en beleidsmatige interventies is essentieel om de biodiversiteitsvoetafdruk van ons voedselsysteem te verkleinen.

Stimuleer gedragsverandering vanuit een systeembenadering

Een halvering van de voetafdruk van onze consumptie is mogelijk maar vereist ingrijpende gedragsverandering, zoals verschuivingen naar een meer plantaardig dieet. Hoewel de positieve impact hiervan breed wordt erkend, vormen eetcultuur en tradities een belemmering, waardoor verandering niet vanzelfsprekend is. Een integrale aanpak is noodzakelijk, waarbij voedselbeleid wordt afgestemd op andere beleidsdomeinen zoals landbouw en economie, om tegenstrijdige prikkels te voorkomen.

Supermarkten spelen een cruciale rol in de transitie, omdat zij zowel de consumentenkeuzes als productieketens beïnvloeden. Het combineren van diverse type beleidsopties die de gehele keten bereiken is een efficiënte manier om alle aspecten van het voedselsysteem mee te nemen. De overheid vervult een belangrijke taak in het stimuleren en reguleren van ketenpartijen door middel van subsidies, kennisontwikkeling en regelgeving. Duidelijke langetermijndoelen en samenhangend beleid zijn essentieel om duurzamere gedragsverandering en innovatie te bevorderen.

Summary

Biodiversity forms the foundation of our food system but is under significant pressure worldwide due to human activities. Food production and consumption are major drivers of biodiversity loss, particularly through the large-scale conversion of natural ecosystems into agricultural land. Despite the widespread implementation of policies, it is not always clear what efforts are needed to achieve biodiversity restoration and conservation goals. In this policy context, Wageningen Social & Economic Research, through the multi-year project 'Cost-Effective Improvement of the Scale and Depth of Footprint' (KOEVOET), has mapped the potential impact of various policy options that the government can implement to reduce the biodiversity footprint of Dutch food consumption.

Based on agreements made at the Conference of Parties (COP-15), the Netherlands is required to report on its progress in reducing the biodiversity footprint, which is described in the Dutch Biodiversity Actionplan 2025 (Nationaal Biodiversiteit Strategie Actieplan Nederland, NBSAP). The ambition in this project goes beyond reporting—it aims to assess what efforts would be needed to halve the Dutch biodiversity footprint by the year 2050.

From a single footprint indicator to the Biodiversity Footprint Family Framework (BFFF)

To assess the impact of policy options on the biodiversity footprint, insight into their reduction potential is essential. Footprint indicators serve as an effective tool for this purpose by visualising the environmental and ecological pressures of consumption, including the origin within the supply chain and the location of the impact, both nationally and internationally.

The ecological footprint is a widely used indicator that measures the land requirements of consumption but does not provide insight into its impact on

biodiversity. This is because it only quantifies the extent ('size') of consumption behaviour rather than the effect on the quality ('depth') of biodiversity.

This limitation makes it difficult to fully capture the effects of policy options on biodiversity, as a single indicator is insufficient to assess its various dimensions. A combination of indicators—a 'footprint family'—can more effectively capture these different aspects. By integrating multiple indicators into a footprint family, policymakers gain a more balanced view of the consequences of policy choices, enabling more comprehensive decision-making and more effective monitoring.

Within the KOEVOET project, the Biodiversity Footprint Family Framework (BFFF) is used to assess the impact of policy options on biodiversity. The BFFF measures the biodiversity footprint of Dutch food consumption based on land, greenhouse gas, water, nutrient, and chemical footprints.

A policy scenario for halving the biodiversity footprint

In this study, the BFFF is applied to a policy scenario aimed at halving the biodiversity footprint of Dutch consumption. A comprehensive list of policy options was compiled through a literature review and interviews with experts in biodiversity and food systems. These options were analysed and prioritised, resulting in six effective and measurable policy options that together form the policy scenario:

- Transition to the EAT-Lancet diet.
- More efficient use of inputs.
- Due diligence on harmful products.
- Taxation on emissions.
- Expansion of protected areas.
- Halving of food waste.

These policy options were assessed using the MAGNET model, a macroeconomic equilibrium model that simulates the impact of policy on agriculture, trade, land use, and bioenergy. The MAGNET model provides data on production and consumption volumes, country of origin, and resource use, which serve as input for calculating the biodiversity footprint. The policy options were modelled with the underlying assumption that each option was fully implemented and adopted (100% effect). Three scenarios were estimated: (1) The baseyear 2017, (2) a future scenario SSP2 for the year 2050 and (3) the policy scenario for the year 2050.

Results: halving the footprint with potential waterbed effect

The policy scenario approaches the halving of the biodiversity footprint

The policy scenario, consisting of six different policy options, is estimated to reduce the current biodiversity loss resulting from Dutch food consumption by approximately 48%. This brings the project goal of halving the biodiversity footprint by 2050 within reach.

The biodiversity footprint is largely located outside the Netherlands

The effects of policy changes aimed to mitigate biodiversity loss are evident not only in the Netherlands (e.g. dietary shifts), within the EU (e.g. taxation of emissions), and globally (e.g. expansion of protected areas), illustrating that the proposed policy options have an impact that extends well beyond the national context.

The biodiversity footprint of Dutch food consumption is largely located outside the Netherlands. In 2017, 60% of the Netherlands' biodiversity footprint was located outside Europe, highlighting the global impact of our food consumption. This underscores the need for international cooperation to reduce the biodiversity footprint.

Chemical footprint contributes significantly to the pressure on biodiversity

The largest contribution to biodiversity loss in this study originates from the land, carbon, and chemical footprints. Strikingly, the chemical footprint—impact of pollution from pesticide residues—has a similar negative impact on biodiversity as the land and carbon footprints. This is a new insight, as scientific literature generally considers the land footprint the dominant factor, followed by the carbon footprint. A possible explanation is that chemical pollution can affect large volumes of water and is more location-specific than, for example, the global, long-term effects of greenhouse gas emissions. This makes the ecological impact widespread and relatively immediate. In addition, the chemical footprint measures the *virtual* water use required to counteract pollution, and therefore refers to a larger volume of water than the directly affected water volume.

The EAT-Lancet diet and reduction of food waste are the most effective policy options

The most effective policy options (largest reduction in the biodiversity footprint compared to the baseyear of 2017) are the transition to the EAT-Lancet diet and the reduction of food waste, assuming full implementation of policy options. The EAT-Lancet diet promotes a more sustainable, plant-based eating pattern, which provides both environmental and health benefits and contributes to more efficient resource use. Reducing food waste eases pressure on ecosystems by making more efficient use of natural resources.

The risk of a waterbed effect is real

Although the proposed measures, such as a CO₂ tax, can be effective in reducing environmental impact within the EU, there is a significant risk of the so-called waterbed effect. This effect occurs when companies, to escape stricter environmental regulations and higher costs within the EU, move their production to regions or countries with less stringent environmental legislation and/or cheaper production opportunities. This shifts the environmental impact and the footprint of the EU's food consumption from the EU to other parts of the world rather than reducing it.

Recommendations: A call for integrated policy

Focus on integrated policy

The risk of a waterbed effect highlights that policy options such as a CO₂ tax can only be effective when they are part of an integrated strategy. Examples of integrated policy that aim to mitigate negative externalities of national policies include combining a CO₂ tax with measures to promote sustainable diets, such as the EAT-Lancet diet, or combining a CO₂ tax with mechanisms that address the impact of imported food products, such as the EU Deforestation Regulation (EUDR) and the EU Carbon Border Adjustment Mechanism.

In addition, international cooperation is essential to prevent the waterbed effect. Countries should not operate in isolation, to avoid leakage. Much policy is implemented at the national or regional level, which can lead to inconsistencies between countries. Harmonisation of policies and joint investments in clean technologies can help achieve global emissions reductions and create a fairer playing field.

Combine technology with broader policy

Technological innovations such as satellite navigation, drones, and precision fertilisation can contribute to sustainability in agriculture, but they are not standalone solutions. While innovation is often seen as the key, studies show

that technological progress alone is insufficient to address challenges related to climate, environment, and biodiversity. In addition to innovation, broader policy options are needed, such as extensification and behavioural change among consumers. An integrated strategy that combines technology with economic, social, and policy interventions is essential to reduce the biodiversity footprint of our food system.

Encourage behavioural change through a systems approach

Halving the footprint is possible but requires significant behavioural change, such as shifts toward a more plant-based diet. While the positive impact of this is widely recognised, food culture and traditions pose barriers, making change not automatic. An integrated approach is necessary, where food policy is aligned with other policy areas such as agriculture and the economy, to prevent conflicting incentives.

Supermarkets play a crucial role in the transition, as they influence both consumer choices and supply chains. Combining all policy options along the supply chain is an efficient approach to target all aspects of the food system. The government has an important role in stimulating and regulating chain actors through subsidies, knowledge development, and regulations. Clear long-term goals and coherent policies are essential to promote more sustainable behavioural change and innovation.



1 Inleiding

1.1 Grote druk op biodiversiteit

Biodiversiteit is onmisbaar voor ons voedselsysteem. Biodiversiteit omvat de grote verscheidenheid aan levensvormen in een bepaald gebied, waaronder dieren, planten, schimmels en micro-organismen zoals bacteriën. Deze levensvormen vormen de basis van ecosystemen die ons van onder meer voedsel, schoon water, en medicijnen voorzien.

Deze basis staat echter onder druk. De wereldwijde biodiversiteit neemt in ongekend tempo af, wat een bedreiging vormt voor de natuur en het welzijn van de mens. Volgens het WWF is in de afgelopen 50 jaar (1970-2020), de gemiddelde populatieomvang afgenomen met 73%, zoals berekend met de Living Planet Index (LPI). Zoetwaterpopulaties hebben de zwaarste achteruitgang geleden (85%), gevolgd door terrestrische (69%) en marine populaties (56%). Regionaal is de grootste achteruitgang te zien in Latijns Amerika en de Caraïben, met 95% afname, gevolgd door Afrika (76%) en Azië en de Pacific (60%) (WWF, 2024). Volgens het VN-panel voor biodiversiteit en ecosysteemdiensten (IPBES) zijn er transformatieve veranderingen¹ nodig om deze afname van biodiversiteit te stoppen (IPBES, 2024).

Voedselproductie- en consumptie spelen een grote rol in het mondiale verlies aan biodiversiteit. Deze activiteiten behoren tot een van de belangrijkste oorzaken van biodiversiteitsverlies (Chaudhary en Kastner, 2016; Benton et al., 2021). Zo is de afgelopen 50 jaar het omzetten van natuurlijke ecosystemen naar akkers of grasland voor voedselproductie de grootste oorzaak geweest van het verlies aan leefgebied, wat heeft geleid tot een sterke afname van biodiversiteit. Daarnaast spelen broeikasgasemissies een grote rol in het bijdragen aan klimaatverandering, die ecosystemen beïnvloedt (Benton et al.,

2021). De Weert et al. (2025) laten zien dat het Nederlandse dieet met name bijdraagt aan biodiversiteitsverlies door landgebruik en klimaatverandering.

1.2 Beleidsinzet voor biodiversiteitsherstel

Internationaal worden doelen gesteld om herstel en behoud van biodiversiteit te stimuleren. In 2022 werd het Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework (GBF) aangenomen: een wereldwijd akkoord van 196 landen dat gericht is op het tegengaan van biodiversiteitsverlies door inzet op 4 doelen voor 2050 en het behalen van 23 doelstelling tegen 2030. Doelstellingen omvatten onder andere het beschermen van minstens 30% van de aarde, het herstellen van ecosystemen en het verminderen van vervuiling. Doelstelling 10 in dit akkoord richt zich specifiek op het verbeteren van biodiversiteit in landbouw, aquacultuur, visserij en bosbouw (CBD, 2022).

Ook op EU-niveau worden doelen gesteld ter herstel en behoud van biodiversiteit. In 2023 trad de ontbossingsverordening (EUDR) in kracht. De belangrijkste oorzaak van ontbossing is de uitbreiding van landbouwgrond voor de productie van grondstoffen zoals vee, cacao, soja, palmolie en koffie. De verordening verplicht ondernemers en handelaren die dit soort grondstoffen op de EU-markt brengen, te bewijzen dat ze niet afkomstig zijn van grond die recent is ontbost of hebben bijgedragen aan de achteruitgang van bossen (EC, 2023a).

Een ander voorbeeld betreft de Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD), die in 2024 in kracht is getreden. Deze richtlijn verplicht bedrijven om de impact van hun activiteiten op mensenrechten en milieu in hun volledige

¹ Transformatieve verandering wordt gedefinieerd als fundamentele, systeem-brede verschuivingen in opvattingen, structuren en praktijken (IPBES, 2024).

waardeketen te identificeren, voorkomen, beperken, en waar nodig herstellen (EC, 2024a).

Naast de CSDDD is in 2024 de EU-natuurherstelwet in kracht getreden. Deze wet verplicht EU-lidstaten om tegen 2030 20% van de gedegradeerde ecosystemen in de EU te herstellen. Tegen 2050 moeten alle gedegradeerde ecosystemen volledig zijn hersteld. De wet omvat ook het herstel en gedeeltelijk vernatten van agrarische veenweidegebieden (EC, 2024b), wat bijzonder relevant is voor Nederland vanwege de uitgestrekte veenweidegebieden in provincies als Friesland, Noord-Holland en Zuid-Holland.

Op nationaal niveau wordt door de Rijksoverheid beleid geformuleerd dat moet bijdragen aan het herstel en behoud van biodiversiteit. Zo heeft het kabinet zich committeert aan het GBF. Om aan de doelen van het GBF invulling te geven, wordt door het kabinet een *National Biodiversity Strategy and Action Plan* (NBSAP) opgesteld (LVVN, 2024a; LVVN, 2025). Daarnaast wordt door het kabinet onder andere ingezet op beleidsopties die stikstofuitstoot moeten doen verminderen (LVVN, 2024b) en natuurherstelmaatregelen die de achteruitgang van Nederlandse natuur moeten tegengaan (LVVN, 2024c).

Naast het doel om biodiversiteit te herstellen en te behouden, is het van belang om de relatie tussen biodiversiteit en klimaatverandering te erkennen. Toename in temperatuur, watertemperatuur, verandering in neerslag, en stijging van zeespiegel kan veranderingen in ecosystemen versnellen (Muluneh, 2021). Beleid voor het herstel van biodiversiteit dient daarmee in een breder beleidskader bekeken te worden. Beleid dat inzet op het tegengaan van klimaatverandering kan ook bijdragen aan het behoud en herstel van biodiversiteit, bijvoorbeeld middels het uitfasen van overheidsuitgaven aan schadelijke fossiele doeleinden (Doel 18, GBF).

1.3 Reduceren van de biodiversiteitsvoetafdruk

De bovenstaande doelen en het voorgenomen beleid laten zien dat er stappen worden gezet om de biodiversiteitsvoetafdruk te verminderen. De vraag blijft echter of dergelijke stappen voldoende zijn. Van Oorschot et al. (2021) concludeerden bijvoorbeeld dat de inspanning naar aanleiding van de in 2019

door de Nederlandse overheid opgestelde ambitie om de ecologische voetafdruk van Nederlandse consumptie te halveren, onvoldoende waren.

Op basis van de afspraken die tijdens de Conference of Parties (COP-15) zijn gemaakt, moet Nederland rapporteren over de voortgang bij het verkleinen van de biodiversiteitsvoetafdruk, zoals beschreven in het Nationaal Biodiversiteitsstrategie Actieplan Nederland (NBSAP). Inmiddels zijn de doelstellingen in het NBSAP 2025-2030 (LVVN, 2025) aangepast: de huidige nadruk ligt op het monitoren en rapporteren van de voortgang in het verkleinen van de Nederlandse biodiversiteitsvoetafdruk.

De wetenschappelijke literatuur benadrukt verschillende strategieën voor het behoud en herstel van biodiversiteit. Belangrijke voorbeelden hiervan zijn het tegengaan van voedselverspilling en bevorderen van efficiënt gebruik van grondstoffen, het beschermen van natuurgebieden (marine en land) en schadelijk grondgebruik verminderen (onder andere Willett et al., 2019; Springmann et al., 2018; Campbell et al., 2017; Gerten et al., 2020; Duarte et al., 2020; Leclère et al., 2020). Het is echter niet altijd duidelijk welke beleidsinstrumenten effectief kunnen zijn in het realiseren van deze doelstellingen, en daarmee welk beleid overheden kunnen inzetten. In deze beleidscontext werkt Wageningen Social & Economic Research aan het meerjarige project 'Kosten-effectief verbeteren grootte en diepte voetafdruk' (KOEVOET).

In dit project worden zes verschillende beleidsopties afzonderlijk doorgerekend om hun potentiële bijdrage aan het verkleinen van de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie in kaart te brengen. Deze beleidsopties verschillen onderling sterk in type en reikwijdte (variërend van fiscale maatregelen tot gedragsinterventies) en worden afzonderlijk geanalyseerd. Het doel is dan ook niet om één samenhangend beleidspakket door te rekenen, maar om inzicht te krijgen in de mogelijke effectiviteit van verschillende typen beleidsopties.

KOEVOET onderzoekt beleidsopties over de gehele waardeketen, van de primaire productie via industriële verwerking tot aan consumptie en afvalverwerking. Denk daarbij aan opties gericht op het verminderen van

pesticiden- en kustmestgebruik in de primaire sector, tot het reduceren van voedselverspilling in de verwerkende industrie en tijdens consumptie.

1.4 Berekenen voetafdruk en identificeren van beleidsopties

Binnen KOEVOET is de KOEVOET-methodiek ontwikkeld waarmee de voetafdruk van onze voedselconsumptie kan worden berekend (zie Roebeling et al., 2025a). Deze methodologie richt zich specifiek op het berekenen van de biodiversiteitsvoetafdruk (zie hoofdstuk 2 voor een toelichting over de biodiversiteitsvoetafdruk; Chouchane et al., 2025). Met de KOEVOET-methodiek kunnen de effecten van beleidsopties worden gemodelleerd op de wereldeconomie, om vervolgens deze effecten te vertalen naar een potentiële reductie van de biodiversiteitsvoetafdruk.

In deze analyse is gekozen om te werken met beleidsopties in plaats van beleidsinstrumenten. Deze keuze sluit aan bij de KOEVOET-methodiek, die gericht is op het verkennen van verschillende beleidsrichtingen om specifieke doelen te realiseren. Beleidsopties zijn daarbij breder van opzet: ze kunnen bestaan uit een combinatie van meerdere beleidsinstrumenten, zoals financiële prikkels (bijvoorbeeld subsidies), juridische regels of communicatiemiddelen (zoals publiekscampagnes). Een voorbeeld van een beleidsoptie is het combineren van een subsidie met een voorlichtingscampagne (Rijksoverheid, 2024).

Om de KOEVOET-methodiek te testen, is in 2022-2023 een exploratief beleidsscenario opgesteld en doorgerekend (zie Roebeling et al., 2025a). In 2023-2024 is de methodologie verder doorontwikkeld, onder andere om de biodiversiteitsvoetafdruk tussen landen te kunnen splitsen en de impact op ecosysteemdiensten te berekenen (zie Roebeling et al., 2025b).

Daarnaast is een nieuw beleidsscenario ontwikkeld met als doel de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie zo veel mogelijk te reduceren. Een beleidsscenario is een combinatie van verschillende beleidsopties die gelijktijdig worden ingezet om beleidsdoelen te realiseren. Hierin verschilt een beleidsscenario van een beleidspakket, dat doorgaans bestaat uit een set samenhangende (concreet gedefinieerde) beleidsinstrumenten. Het beleidsscenario in dit project wordt ingezet om de effecten van verschillende type beleidsopties in kaart te brengen. De individuele beleidsopties kunnen zowel een eigen focus hebben, zoals een bepaalde voedselgroep of een doelgroep, of een gezamenlijke focus doordat beleidsopties elkaar versterken. De resultaten van dit beleidsscenario worden in dit rapport gepresenteerd.

1.5 Leeswijzer

Het volgende hoofdstuk biedt achtergrondinformatie over de biodiversiteitsvoetafdruk. Hoofdstuk 3 beschrijft de methodiek die is toegepast om het Beleidsscenario door te rekenen. In hoofdstuk 4 wordt het Beleidsscenario uiteengezet. Vervolgens worden in hoofdstuk 5 de individuele voetafdrukindicatoren gepresenteerd. Hoofdstuk 6 behandelt de totale biodiversiteitsimpact van de Nederlandse voedselconsumptie en de effecten van het Beleidsscenario op de reductie hiervan. In hoofdstuk 7 worden de belangrijkste bevindingen gepresenteerd en wordt gereflecteerd op de toegepaste methodiek. Het rapport sluit af met hoofdstuk 8, waarin beleidsaanbevelingen worden gegeven om de biodiversiteitsvoetafdruk te verkleinen.

2



2 Van ecologische voetafdruk naar biodiversiteitsvoetafdruk

2.1 Wat is een voetafdruk?

In het project KOEVOET worden voetafdrukindicatoren gebruikt om de effecten van beleidsopties op milieu en natuur in kaart te brengen. Deze indicatoren bieden inzicht in de druk die bijvoorbeeld onze consumptie heeft op milieu en natuur, waar in de keten deze druk plaatsvindt en op welke locatie deze druk tot uiting komt, zowel nationaal als internationaal.

De voetafdruk kan daarom voor beleidsmakers een waardevolle informatiebron zijn, bijvoorbeeld bij het maken van beleidskeuzes over energie- en landgebruik en bij het waarborgen van duurzaam beheer en gebruik van natuurlijke hulpbronnen (Van Oorschot et al., 2012).

2.2 De ecologische voetafdruk: een veel gebruikte indicator om impact te meten

Een voetafdrukindicator die veel wordt gebruikt is de ecologische voetafdruk. Deze voetafdrukindicator is nuttig gebleken om wereldwijd de directe en indirecte effecten te laten zien van het consumptiepatroon van de mens (Van Oorschot et al., 2021). De ecologische voetafdruk kijkt naar de hoeveelheid landoppervlak die nodig is om bijvoorbeeld voedsel te produceren. Daarbij wordt de gehele waardeketen (van primaire productie, verwerking, consumptie tot afvalverwerking) meegenomen.

De ecologische voetafdruk wordt uitgedrukt in 'global hectares' (gha). Dit is de hoeveelheid ruimte die mondiaal gemiddeld nodig is om grondstoffen voor onze consumptie te produceren. Daarbij worden ook broeikasgasemissies van de consumptie meegenomen, door deze weer te geven in het oppervlakte bos dat nodig is om deze uitstoot te compenseren (Van Oorschot et al., 2021). Het gebruik van onder meer grijze stroom (stroom opgewekt uit niet-hernieuwbare bronnen zoals kolen en olie), benzine en gas wordt op deze manier ook meegenomen in de ecologische voetafdruk. In feite bestaat de ecologische voetafdruk dus uit twee indicatoren: land en broeikasgasemissies (zie figuur 2.1).

Ondanks dat de ecologische voetafdruk nuttig is om de effecten van ons consumptiegedrag in beeld te brengen, geeft deze geen zicht op de gevolgen van onze consumptie op biodiversiteit. Dit komt omdat de ecologische voetafdruk de omvang (de 'grootte') van ons consumptiegedrag meet, en niet het effect op de kwaliteit (de 'diepte') van biodiversiteit.

Dit is problematisch. Wanneer de effecten van beleidsopties op de biodiversiteit worden bestudeerd met behulp van voetafdrukindicatoren, is het belangrijk om indicatoren te kiezen die passen bij de specifieke context. Dit komt doordat verschillende indicatoren verschillende drukfactoren op biodiversiteit belichten, zoals landgebruik, uitstoot van broeikasgassen en uitspoeling van nutriënten. Daarmee kunnen effecten en trade-offs van beleidsopties beter in kaart worden gebracht. Dit kan door een combinatie van verschillende indicatoren te gebruiken, die samen een voetafdrukfamilie vormen (Vanham et al., 2019).



Figuur 2.1 De voetafdrukfamilie, opgebouwd uit vijf voetafdrukindicatoren die samen de biodiversiteitsvoetafdruk vormen. Het onderscheid kan gemaakt worden met de ecologische voetafdruk, die bestaat uit twee indicatoren

2.3 De biodiversiteitsvoetafdruk: een familie aan voetafdrukindicatoren

We maken in dit project gebruik van zo'n voetafdrukfamilie. In deze familie worden meerdere voetafdrukindicatoren die geschikt zijn om de diepte van de voetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie te verkennen. Het betreft hier de voetafdrukken voor land, broeikasgassen, water, nutriënten en chemicaliën. Dit noemen we het Biodiversity Footprint Family Framework (BFFF), oftewel de biodiversiteitsvoetafdruk (zie Roebeling et al., 2025a; Chouchane et al., 2025).

In totaal bestaat deze voetafdrukfamilie dus uit 5 voetafdrukindicatoren. Figuur 2.2 geeft aan hoe deze voetafdrukken tot uit komen voor voedselproductie- en consumptie:

- **Landvoetafdruk**
Het totale landoppervlak,² zoals akker- en grasland, nodig voor de productie van voedsel.
- **Broeikasgasvoetafdruk**
De totale uitstoot van alle broeikasgassen (CO₂, methaan, lachgas), uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Hierin zijn ook transportemissies verwerkt.
- **Watervoetafdruk**
Het totale watergebruik³ voor irrigatie van gewassen, aquacultuurproductie en de verwerkende industrie, uitgedrukt in m³. Dit water is afkomstig uit oppervlaktewaterbronnen en grondwatervoorzieningen.
- **Nutriëntenvoetafdruk**
Het restproduct dat overblijft na het totale gebruik van stikstof- en fosforhoudende nutriënten. Het restproduct verwijst naar bijvoorbeeld het aandeel kunstmest dat niet door een gewas wordt opgenomen en daarmee achterblijft in bodem of waterlichamen.

² In dit onderzoek zijn het zeeoppervlakte in gebruik voor voedselproductie, oppervlakte in gebruik voor aquacultuur, oppervlakte in gebruik voor zonne-energie of oppervlakte voor bijvoorbeeld varkenshouderijen of pluimveehouderijen niet meegenomen in de definitie van de landvoetafdruk.

³ De watervoetafdruk kan bestaan uit de groene (gebruik van regenwater), blauwe (gebruik van grond- en oppervlaktewater) en de grijze (water dat nodig is om vervuild water te verdunnen) watervoetafdruk. In dit onderzoek wijst de definitie van de watervoetafdruk *alleen* op de *blauwe* watervoetafdruk.

- **Chemische voetafdruk⁴**

Het restproduct dat overblijft na het totale gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Het restproduct verwijst naar het aandeel gewasbeschermingsmiddelen dat niet ten goede komt aan de gewasbescherming en kan uitspoelen, waarmee het waterbronnen vervuult.

Deze voetafdrukindicatoren worden vervolgens vertaald naar een bepaalde impact op biodiversiteit, waarbij de **biodiversiteitsvoetafdruk** de gezamenlijke effecten in kaart brengt vanuit de druk per indicator.

2.4 Toepassing van voetafdrukindicatoren in beleid

In het kader van overheidsbeleid kunnen deze voetafdrukindicatoren op veel verschillende manieren worden toegepast. Neem bijvoorbeeld de landvoetafdruk. Met deze indicator kunnen beleidsmakers inzicht krijgen in de druk die de Nederlandse consument uitoefent op natuurlijke hulpbronnen, zoals landbouwgrond, bosgebied en natuurgebieden wereldwijd (zie figuur 2.2). Deze inzichten kunnen gebruikt worden om te sturen op duurzamere productie- en consumptiepatronen. Dit kan middels diverse beleidsinstrumenten, zoals het ondersteunen van duurzame landbouwpraktijken door subsidies te verstrekken of regelgeving te introduceren die een overgang naar duurzamere landbouwvormen, zoals regeneratieve landbouw, stimuleren.

Een ander voorbeeld betreft de nutriëntenvoetafdruk. Deze indicator maakt zichtbaar welke sectoren de grootste bijdrage leveren aan nutriëntenemissies en kan helpen om gedeeltelijk inzicht te geven in hoeverre wordt voldaan aan beleidsdoelstellingen zoals Kaderrichtlijn Water. Met deze informatie kan gericht

⁴ In dit onderzoek wijst de definitie van de chemische voetafdruk *alleen* op de *grijze* watervoetafdruk (zie voetnoot 3). De grijze watervoetafdruk kijkt naar het *virtuele* watergebruik dat nodig is om vervuiling tegen te gaan, ofwel: de hypothetische hoeveelheid water die nodig is om vervuiling uit te spoelen. Daarin onderscheidt de chemische voetafdruk zich van de andere voetafdrukken, die directe impacts van een bepaalde emissie of gebruik van een natuurlijke hulpbron weergeven.

beleid ontwikkeld worden om de impact van bepaalde sectoren of in bepaalde regio's te verminderen. Inzet op beleidsinstrumenten kan bijvoorbeeld door (juridische) eisen te stellen aan sectoren met een hoge nutriëntenuitstoot, bijvoorbeeld door het instellen van maximale emissienormen voor stikstof en fosfor. Daarnaast kan de overheid de ontwikkeling van innovaties op het gebied van precisielandbouw, gericht op het minimaliseren van nutriëntenverliezen, ondersteunen door middel van subsidies en andere financiële prikkels.

Zo kunnen voetafdrukindicatoren dienen als meetinstrument om te evalueren of beleid bijdraagt aan een duurzamere benutting van natuurlijke hulpbronnen door aan te geven in welke sector of waar de grootste impacts liggen. Bovendien kunnen de indicatoren gebruikt worden om de effectiviteit van beleidsopties te evalueren. Bijvoorbeeld door het analyseren in hoeverre de toepassing van precisielandbouw bijdraagt aan het verminderen van stikstofuitspoeling naar oppervlakte- en grondwater en daarmee aan het verbeteren van de waterkwaliteit. Deze inzichten kunnen beleidsmakers helpen om beleidsopties verder te optimaliseren en de transitie naar duurzamere landbouwpraktijken te stimuleren.

2.5 Potentially Disappeared Fraction of Species

In KOEVOET wordt de impact van menselijk handelen op de wereldwijde biodiversiteit uitgedrukt in de eenheid Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF; zie Chouchane et al., 2025). De PDF, gebaseerd op de methodiek volgens Verones et al. (2020), is een eenheid die aangeeft welke fractie van de wereldwijde soortenrijkdom zou kunnen verdwijnen wanneer deze milieudruk voortduurt. Dit wordt de **biodiversiteitsvoetafdruk** genoemd. Omdat het uitsterven van soorten geleidelijk gebeurt, en afhankelijk is van de tijdsduur van meerdere factoren, moet de PDF gezien worden als een indicator voor uitstervingsrisico voor soorten, niet als een ogenblikkelijke uitsterving (Verones et al., 2020).

In de afgelopen 50 jaar hebben globale trends voor directe en indirecte oorzaken van soortenverlies negatieve gevolgen getoond voor biodiversiteit,

waterkwaliteit, voedselzekerheid, kwaliteit van voedsel, gezondheid en klimaatverandering (IPBES, 2024). Dit verlies tast de werking van ecosystemen aan, waardoor essentiële ecosysteemdiensten onder druk komen te staan. Deze ecosysteemdiensten omvatten:

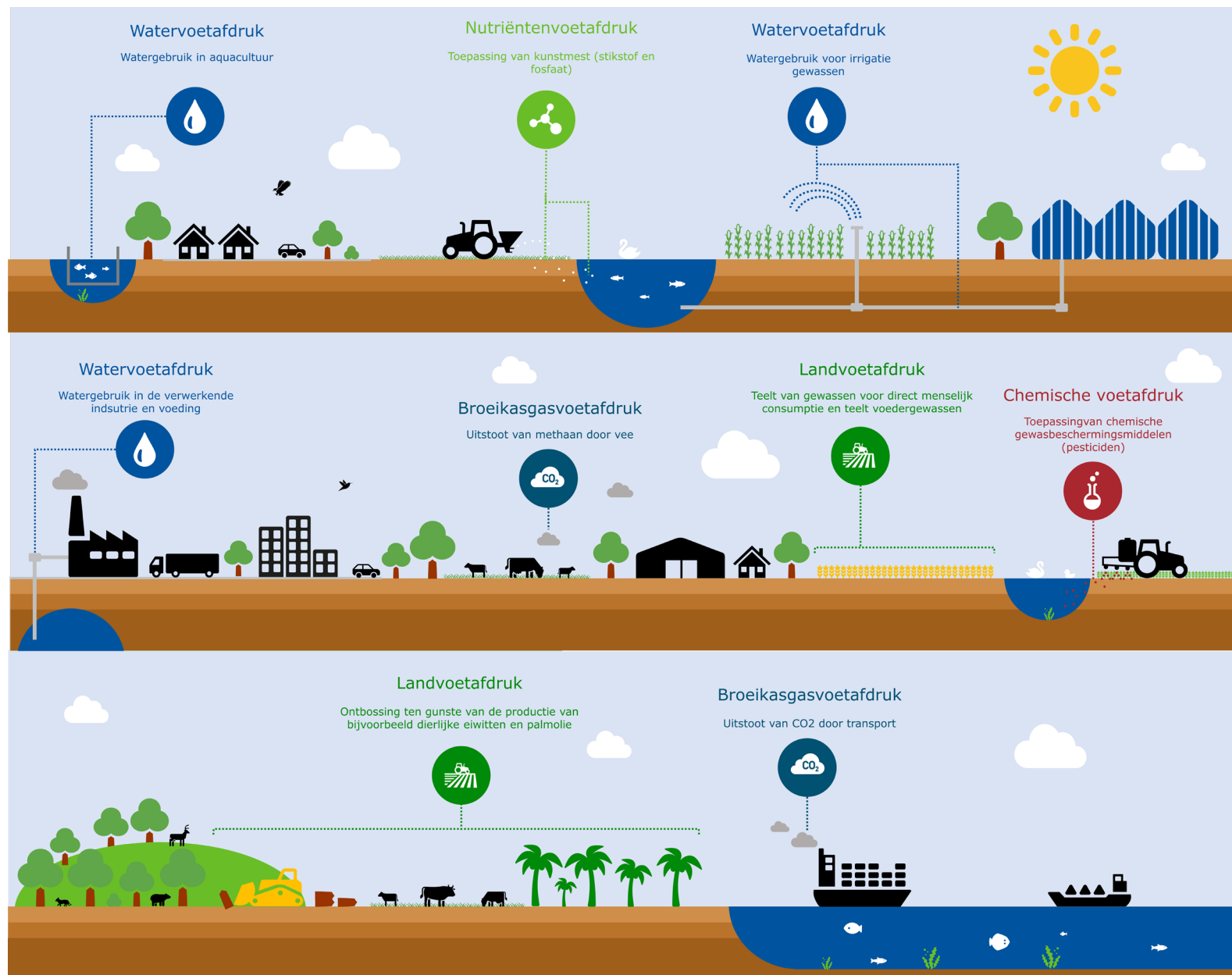
- **regulerende diensten** zoals het tegengaan van bodemerosie, het zuiveren van lucht en water, en klimaatregulatie
- **productiediensten**, waaronder de levering van voedsel, grondstoffen en energie
- **Culturele diensten** zoals recreatiemogelijkheden, natuurbeleving en positieve effecten op gezondheid en welzijn.
- **Ondersteunende diensten**, waaronder de nutriëntenkringloop en het bieden van leefgebieden voor planten en dieren.

De afname van biodiversiteit bedreigt deze functies en heeft verstrekken gevolgen voor waterkwaliteit, voedselzekerheid, volksgezondheid en klimaatverandering.

De vijf indicatoren uit paragraaf 2.3 vormen samen de biodiversiteitsvoetafdruk die het mondiale verlies aan biodiversiteit weergeeft. Daarin onderscheidt de biodiversiteitsvoetafdruk zich van de ecologische voetafdruk door meerdere indicatoren mee te nemen. In tegenstelling tot de ecologische voetafdruk, omvat deze meerdere indicatoren, waardoor een breder scala aan oorzaken van biodiversiteitsverlies wordt meegenomen (IPBES, 2019):

- **verandering in land-/zeegebruik** zoals ontbossing voor landbouw (verandering in zeegebruik *niet meegenomen*)
- **klimaatverandering**, onder andere door uitstoot van broeikasgassen door intensieve veehouderij
- **overexploitatie van soorten** zoals overbevissing en jacht
- **vervuiling** door onder meer (overmatig) gebruik van pesticiden en kunstmest
- **introductie van invasieve soorten** zoals het ongewenst verspreiden van planten, dieren of micro-organismen (*niet meegenomen*).

De bovengenoemde oorzaken hebben een directe impact op ecosystemen en leiden tot het verlies van soorten en afname van ecologische functies (IPBES, 2019) en daarmee van de diensten die ecosystemen bieden.



Figuur 2.2 De voetafdrukfamilie en hoe deze tot uiting komt in het landelijk en mariene gebied



3

3 Methode

De ambitie voor het Beleidsscenario in deze rapportage ligt op het halveren van de voetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie. Deze ambitie biedt een concreet kader om te onderzoeken welke beleidsopties hiervoor beschikbaar zijn.

Een beleidsscenario is een combinatie van diverse beleidsopties die tegelijkertijd worden ingezet. Een beleidsoptie is een aanpak om bepaalde beleidsdoelen te behalen, die meerdere beleidsinstrumenten kan omvatten die bijdragen aan hetzelfde doel.

De resultaten van het huidige Beleidsscenario zijn middels vijf fases tot stand gekomen:

1. Opstellen beleidsscenario
2. Modelleren beleidsscenario

3. Berekenen voetafdruk
4. Berekenen verandering in biodiversiteit
5. Berekenen economische effecten.

In dit hoofdstuk worden deze fases toegelicht.

Onderliggend aan het doorlopen van deze fases is er binnen het project een 'Science Policy Interface' (Wetenschap en Beleid interface)-methodiek toegepast om communicatie met de opdrachtgever en klankbordgroep te bespoedigen. Deze heeft ertoe geleid dat informatie over en weer duidelijk gecommuniceerd kon worden en dat resultaten van het doorlopen van de fases afgestemd konden worden met onderlinge belangen en interesses. Voor meer informatie over deze Science Policy Interface verwijzen wij naar Box 3.1.

Box 3.1 KOEVOET Science-Policy Interface

Het concept voetafdrukken wint steeds meer terrein in de academische wereld, het beleid en de industrie (zie IPBES, 2019; LNV, 2019; Vanham, 2019; EC, 2020a; Van Oorschot et al., 2021). Tegelijkertijd is het een concept in ontwikkeling, met uiteenlopende definities, meeteenheden en berekeningsmethoden, wat de effectieve toepassing ervan in beleid kan bemoeilijken. Voor complexe systemen zoals ons voedselsysteem zijn bovendien meerdere soorten voetafdrukken nodig, om een compleet beeld te krijgen van de gevolgen van onze keuzes (Vanham et al., 2019). Het is de uitdaging van de onderzoeker om deze complexiteit goed over te brengen aan beleidsmakers.

Science-Policy Interfaces (SPI) kunnen helpen dit probleem te overbruggen. Een SPI is een mechanisme dat de interactie tussen wetenschappelijk onderzoek en beleidsvorming bevordert. Het doel van een SPI is om wetenschappelijke kennis toegankelijk en relevant te maken voor beleidsmakers, zodat deze kennis kan worden gebruikt om goed onderbouwde beslissingen te maken (Van den Hove, 2017). Breed erkend als essentieel (Balvanera et al., 2020), effectieve SPI's hebben de potentie herstel en behoud van biodiversiteit te stimuleren (Filyunshkina et al., 2022).

Binnen KOEVOET is een eigen SPI opgezet. Deze SPI stimuleert actief de interactie tussen onderzoekers van Wageningen Social & Economic Research, experts van onder andere PBL en beleidsmakers van LNVN. Het doel is een continue uitwisseling van kennis en ervaringen over voetafdrukken van het voedselsysteem te faciliteren. Door deelname aan en organisatie van deze interacties hopen zowel LNVN als WUR ook een breder gedragen begrip van het concept voetafdrukken te stimuleren. Voorbeelden van deze interacties zijn workshops waarin de behoeften van beleidsmakers van LNVN rond het concept voetafdrukken zijn verkend, presentaties van onderzoeksresultaten, en regelmatige overlegmomenten om de kennisuitwisseling te bevorderen.

3.1 Fase 1: Opstellen beleidsscenario

Voor de ontwikkeling van het Beleidsscenario is een gestructureerde methode gevolgd om een pakket beleidsopties te identificeren dat bijdraagt aan de vermindering van de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie. Deze aanpak bestond uit vier stappen, weergegeven in figuur 3.1.

De uiteindelijke keuze van beleidsopties is gebaseerd op een systematische literatuuranalyse (zie Stap 1 van figuur 3.1) van beleidsdocumenten en wetenschappelijke publicaties, met specifieke aandacht voor effectiviteit, uitvoerbaarheid en meetbaarheid van potentiële beleidsopties.

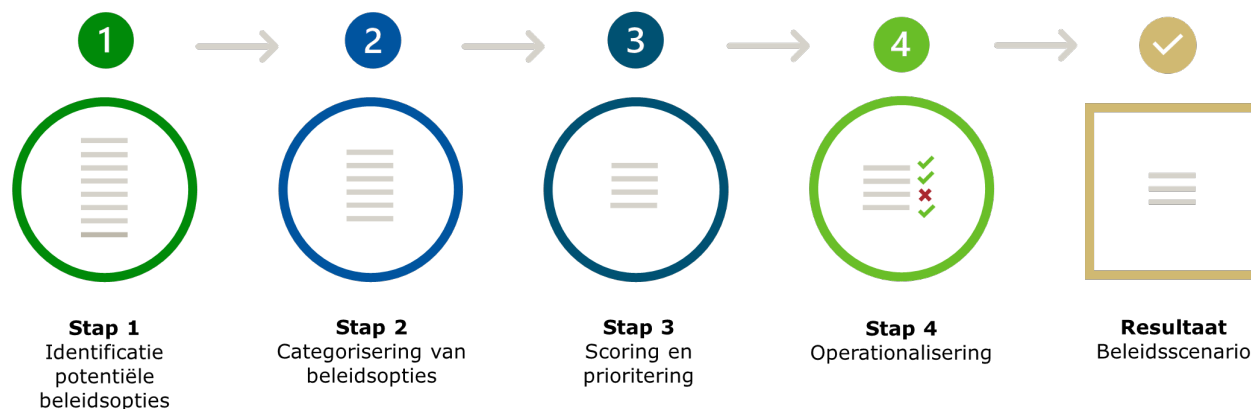
Mogelijke beleidsopties zijn beoordeeld op basis van een categorisering van beleidsopties in type beleidsoptie (het beleidsinstrument) en thema beleidsoptie (hoofdfocus van de beleidsoptie). Het thema slaat op het clusteren van thematiek en onderdelen van het voedselsysteem waar de impact op biodiversiteit zit (Blanco-Zaitegi, 2022) zoals 'behoud en herstel van biodiversiteit', 'klimaatadaptatie- en mitigatie' en 'landbouwpraktijken'. Het type betreft het beleidsinstrument dat de overheid kan toepassen om bepaalde beleidsdoelstellingen te bereiken gebaseerd op het Beleidskompas van de overheid (Rijksoverheid, 2024), zoals financiële (subsidies, heffingen), juridische

(wet- en regelgeving) en communicatie (omgevingsprikkels, voorlichting). De combinatie thema-type biedt de mogelijkheid om gericht te kijken naar de effectiviteit van ofwel bepaalde thema's ofwel bepaalde instrumenten. Door deze aan elkaar te verbinden wordt bijvoorbeeld inzichtelijk dat financiële instrumenten voor het thema 'landbouwpraktijken' goed werken, maar dat beleidsinzet op het thema 'consumentengedrag' meer gebaat is met instrumenten zoals communicatie.

Aan de hand van de volgende randvoorwaarden is beoordeeld welke beleidsopties een groot potentieel beschikken om de biodiversiteitsvoetafdruk te reduceren en geschikt zijn voor doorrekening in het Beleidsscenario. Het gaat om beleidsopties:

- met een grote geschatte effectiviteit in het reduceren van de voetafdruk
- die uitvoerbaar zijn in de (huidige) beleidscontext
- die compatibel blijken met de KOEVOET-modelleringsmethodiek
- die zijn opgenomen in de (huidige) beleidsdocumentatie
- waar voldoende informatie (data) over beschikbaar is voor modellering
- die voldoende onderlinge samenhang tonen.

In het rapport *Beleidsopties voor vermindering van de biodiversiteitsvoetafdruk* (De Vries et al., 2025) wordt een uitgebreide toelichting gegeven over het opstellen van het Beleidsscenario en de motivatie achter de keuze van de uiteindelijke beleidsopties.



Figuur 3.1 Visuele weergave van de stappen die doorlopen zijn om tot een selectie van beleidsopties te komen voor het Beleidsscenario

3.2 Fase 2: Modelleren effecten beleidsscenario

Beleidsscenario's worden in de KOEVOET-methode gemodelleerd in het macro-economisch evenwichtsmodel MAGNET (Modular Applied GeNeral Equilibrium Tool; zie Woltjer en Kuiper, 2014). MAGNET wordt op grote schaal gebruikt om de impact van beleid op het gebied van landbouw, handel, landgebruik en bijvoorbeeld bio-energie op de wereldeconomie te simuleren, met bijzondere aandacht voor de impact van dit beleid op landgebruik, landbouwprijzen, voedsel en voedselzekerheid. Het model staat vermeld in de MIDAS,⁵ een lijst van modellen die door de Europese Commissie gebruikt worden voor het beoordelen van de effecten van beleid.

Naast het aanpakken van de directe oorzaken van biodiversiteitsverlies vereist het bestrijden van biodiversiteitsverlies een reflectie op en transformatie van de onderliggende oorzaken van biodiversiteitsverlies (Jaureguiberry et al., 2022). De indirecte oorzaken omvatten demografische veranderingen (zoals een groeiende vraag naar voedsel), sociaal-economische veranderingen (zoals een grotere vraag naar dierlijke eiwitten), technologische veranderingen (zoals het gebruik van bestrijdingsmiddelen), maatschappelijke waarden (zoals een gebrek aan bewustzijn ten aanzien van biodiversiteit), en bestuursstructuren (zoals subsidiebeleid dat schadelijk kan zijn voor biodiversiteit).

Deze indirecte oorzaken verhogen de druk op natuurlijke hulpbronnen en versterken de impact van directe oorzaken. Het integreren van indirecte oorzaken van biodiversiteitsverlies draagt bij aan het beter afstemmen en prioriteren van beleid op specifieke vereisten per locatie en situatie (Isbell et al., 2022).

Om goed inzicht te krijgen in de effecten van het Beleidsscenario op de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse consumptie, is het Beleidsscenario afgezet tegen een toekomstscenario, ook wel het 'Middle of the Road'-scenario genoemd.⁶ Let wel: de huidige en toekomstige beleidsplannen zoals de vanuit de EU en vanuit de Nederlandse overheid opgestelde doelen geschetst in de

introdactie in hoofdstuk 1, zijn daarmee niet opgenomen in het Middle of the Road-scenario.

In het SSP2-scenario zitten bepaalde aannames van de SSP2-scenariobeschrijving over verwachte bevolkingsgroei, bruto binnenlands product (BBP) en handel, aangevuld met aannames omtrent onder andere productiviteit van de landbouw op basis van het IMAGE-model^{7, 8} (Integrated Model to Assess the Global Environment) van het Planbureau van de Leefomgeving (PBL). Deze aannames zijn in lijn met trends van de afgelopen decennia, aangevuld met aannames over technologische vooruitgang om ontwikkelingsdoelen te halen, het reduceren van energieafhankelijkheid en vooruitgang in efficiëntie van grondstofgebruik. Zie voor details tabel B1.1 in bijlage 1, of zie voor meer informatie Koch en Leimbach (2023) en Van Meijl et al. (2020).

Zowel het Beleidsscenario als het SSP2-scenario zijn gemodelleerd vanaf 2017 (standaard startjaar voor MAGNET) tot 2050.

3.3 Fase 3: Berekenen voetafdrukken

Uit de MAGNET-modellering volgen gegevens over productie- en consumptiehoeveelheden, land van herkomst, grondstoffengebruik en emissies. Deze vormen de input voor het berekenen voor de voetafdrukken land, broeikasgassen, water, nutriënten (in dit rapport opgedeeld in stikstof en fosfor) en de chemische voetafdruk. Zie paragraaf 2.3 voor een toelichting op deze voetafdrukken. Dit gebeurt door de resultaten uit MAGNET te aggregeren tot voetafdrukken per productgroep en per land (zie Roebeling et al., 2025b).

Zoals met veel wetenschappelijke modellen en berekeningen, bestaan er ook in de voetafdrukberekeningen bepaalde onzekerheden. Deze ontstaan bijvoorbeeld door het gebrek aan data, bepaalde aannames die gemaakt dienen te worden en beperkingen van formules voor het berekenen van de voetafdrukken. Deze onzekerheid en diverse onzekerheidsmarges worden verder toegelicht in Box B2.1, bijlage 2.

⁵ web.jrc.ec.europa.eu/policy-model-inventory/

⁶ Dit toekomstscenario is gebaseerd op het Shared Socioeconomic Pathways (SSP) van het International Panel on Climate Change (IPCC) (zie O'Neil et al., 2017 voor meer informatie).

⁷ [Integrated Assessment of Global Environmental Change with IMAGE 3.0 - Model description and policy applications](#)

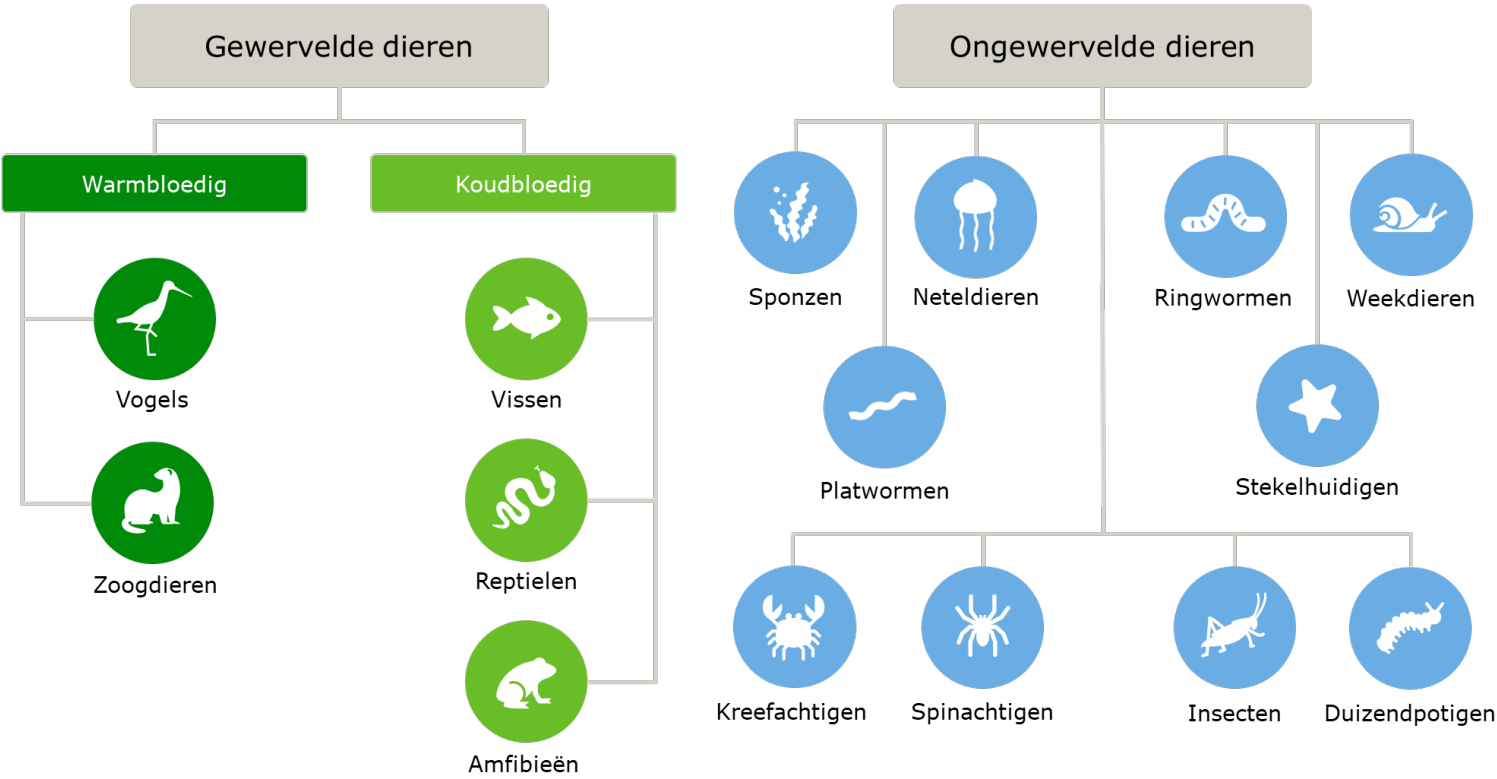
⁸ [The 2021 SSP scenarios of the IMAGE 3.2 model](#)

3.4 Fase 4: Berekenen veranderingen in biodiversiteit

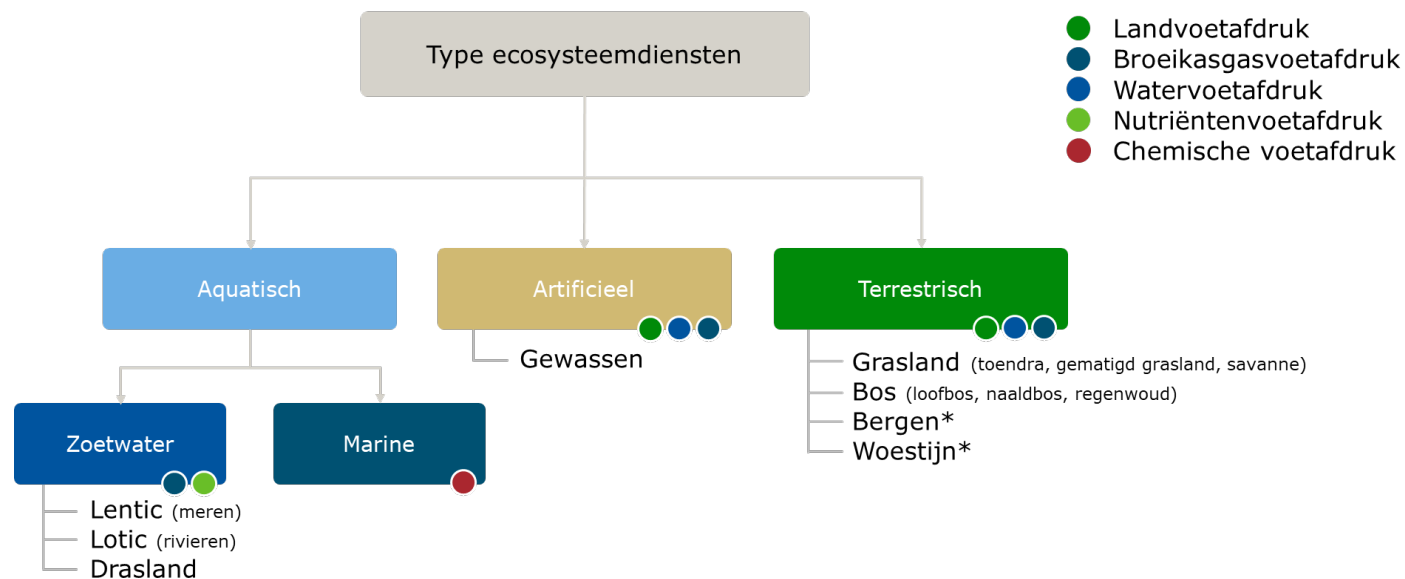
Met de voetafdrukindicatoren uit Fase 3 wordt vervolgens de verandering in biodiversiteit wereldwijd in 2050 berekend als gevolg van de scenario's (zie figuur 2.1 en Chouchane et al., 2025). Dit gebeurt op basis van zogenaamde 'characterisation factors' (karakterisatiefactoren) uit bestaande Life Cycle Assessment (LCA)-berekeningen (LC IMPACT). Voor de landvoetafdruk zijn deze afkomstig uit Chaudhary et al. (2018), en voor de overige voetafdrukken uit Verones et al. (2020). Voor alle voetafdrukken (behalve de

broeikasgasvoetafdruk aangezien deze over landgrenzen heen gaat) heeft elk land een specifieke karakterisatiefactor.

Deze biodiversiteitsvoetafdruk wordt uitgedrukt in de eenheid Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF), welke de mogelijke invloed van menselijk handelen op soortenrijkdom weergeeft. In dit onderzoek wordt er gekeken naar 6 klassen dieren: zoogdieren, vogels, zoetwatervissen, reptielen, amfibieën en insecten (zie figuur 3.2). Zie tabel B2.1 in bijlage 2 voor het volledige overzicht van taxa meegenomen in dit onderzoek, en voor de link met voetafdrukberekeningen en de aanjagers van biodiversiteitsverlies.



Figuur 3.2 Overzicht van classificering dierenrijk



Figuur 3.3 Overzicht van welke type voetafdruk (Land, Water, Broeikasgas, Nutriënten of Chemisch, weergegeven met ronde symbolen) aansluit bij welk type ecosysteem (Aquatisch – onderverdeeld in Zoetwater en Marine – Artificieel of Terrestrisch – weergegeven met rechthoekige symbolen). Let op: (i) het marine ecosysteem is niet meegenomen in de Broeikasgasvoetafdruk, en (ii) bergen en woestijnen zijn niet meegenomen in de impacts van de Land-, Water- en Broeikasgasvoetafdrukken

Daarnaast worden ook plantensoorten en plankton meegenomen in de berekeningen. In figuur 3.3 wordt aangeduid welk ecosysteem behandeld wordt met welke voetafdrukindicator. De keuze voor zoetwatersoorten voor de nutriëntenvoetafdruk en marine soorten voor de chemische voetafdruk is op basis van de beschikbaarheid van karakterisatiefactoren voor beide voetafdrukken, waarbij voor nutriënten de karakterisatiefactoren voor marine soorten ontbraken (specifiek voor fosfor).

Doordat bepaalde taxa niet meegenomen worden in de PDF-berekeningen, blijven taxa zoals wormen, schaaldieren en insecten (behalve vlindersoorten) buiten beschouwing. Hierdoor kan bijvoorbeeld bodembiodiversiteit onderbelicht blijven. Ook schimmels worden niet meegenomen in de analyse. Daarnaast wordt de drukfactor 'invasieve soorten' niet meegenomen in de PDF. Deze

uitsluitingen beperken de volledigheid van de berekende impact in de biodiversiteitsvoetafdruk.

3.5 Fase 5: Berekenen economische effecten

Naast het berekenen van de biodiversiteitsimpact wordt er ook gekeken naar de economische impacts van het Beleidsscenario, aan de hand van macro-economische variabelen zoals sectorale productiewaarde, bruto binnenlands product en werkgelegenheid (in Nederland, EU en Rest van de Wereld). Daarnaast wordt er ook gekeken naar natuurlijke kapitaalstromen zoals waarde van leverings-, regulerende en culturele ecosysteemdiensten (in Nederland en EU).

Het analyseren van de economische impact van beleid is essentieel voor beleidsmakers, omdat duurzaamheid en economie sterk samenhangen. Beleidsopties moeten niet alleen gunstig zijn voor de biodiversiteit, maar ook economisch haalbaar. Door te kijken naar productiewaarde, BBP en werkgelegenheid kunnen beleidsmakers inschatten hoe beleid verschillende sectoren beïnvloedt en of het leidt tot economische groei of verschuivingen in de arbeidsmarkt. Deze macro-economische effecten worden berekend met MAGNET (zie paragraaf 3.2).

Natuurlijke kapitaalstroomeffecten worden bepaald met *meta-analytic value function transfer* (MA-VFT). Deze methode gebruikt waardefuncties in combinatie met informatie over de kenmerken van de locatie waar beleid wordt doorgevoerd. Deze functies zijn geschat op basis van de resultaten van meerdere primaire studies (die meerdere onderzoek locaties vertegenwoordigen). Dit alles wordt gedaan om de eenheidswaarden van ecosysteemdiensten op de locatie waar beleid wordt doorgevoerd te berekenen (zie Brander, 2013). Zodoende integreert deze studie globale *meta-analytic value functions* (op basis van Magalhães-Filho et al., 2021) en lokale landgebruik- (op basis van iCLUE; Verweij et al., 2018) en sociaal-economische (op basis van MAGNET; zie paragraaf 3.2) gegevens, om de effecten van lokale veranderingen in landgebruik, natuurbescherming, inkomen en bevolking op ecosysteemdienstwaarden te bepalen. Waarden van ecosysteemdiensten zijn berekend voor de landgebruiken landbouw, grasland, bossen, bosland, water, moerassen en dorre gebieden. Wederom is het Beleidsscenario afgezet tegen het 'Middle of the Road' (SSP2)-toekomstscenario. Deze methode is ontwikkeld en toegepast in Magalhães-Filho et al. (2021, 2022a, 2022b) en Pais-Barbosa et al. (2023).

4



4 Definitieve Beleidsscenario

In fase 1 van dit onderzoek, zoals besproken in hoofdstuk 3, is het Beleidsscenario opgesteld door middel van een uitgebreide literatuuranalyse. In dit hoofdstuk wordt het uiteindelijke Beleidsscenario gepresenteerd. Paragraaf 4.1 geeft de belangrijkste redenen waarom bepaalde beleidsopties uitgesloten zijn om deel te nemen aan het uiteindelijke Beleidsscenario, inclusief een overzicht van de onderwerpen waarop deze beleidsopties betrekking hadden. Paragraaf 4.2 presenteert de geselecteerde beleidsopties die het uiteindelijke Beleidsscenario vormen. Tot slot worden in paragraaf 4.3 de belangrijkste observaties uit de literatuuranalyse besproken.

In het rapport *Beleidsalternatieven voor vermindering van de biodiversiteitsvoetafdruk* (De Vries et al., 2025) wordt uitgebreid toegelicht hoe het Beleidsscenario is opgesteld en wat de motivatie is achter de keuze voor de uiteindelijke beleidsopties.

4.1 Afgevalen beleidsopties en hoog potentieel beleidsopties

Om tot een definitief Beleidsscenario te komen, is een gedeelte van de beleidsopties tijdens de literatuuranalyse afgevalen, op basis van de volgende hoofdredenen. In veel gevallen ontbrak een duidelijke beschrijving van het beleidsinstrument voor de beleidsopties in de beleidsdocumenten of wetenschappelijke literatuur, wat het concreet toepassen van de beleidsoptie bemoeilijkte. Voor sommige hoog potentieel thema-typecombinaties was geen bestaand beleid geformuleerd. Voor enkele thema-type combinaties ontbrak voldoende wetenschappelijk bewijs om de effectiviteit van de beleidsopties te onderbouwen, wat inschatting van de impact ervan bemoeilijkte. Bij enkele beleidsopties ontbrak kwantiteit of kwaliteit van data en informatie om de beleidsoptie goed te modelleren, wat essentieel is voor een gedegen

beoordeling. Een aantal beleidsopties waren lastig om te harmoniseren met de macro-economische modellering van de KOEVOET-methodiek, waardoor ze niet bruikbaar waren voor het uiteindelijke beleidsscenario.

De beleidsopties met een hoog potentieel hebben betrekking op de volgende onderwerpen:

- **Stimuleren van verduurzaming tussen de verschillende schakels in de voedselketen**
Bijvoorbeeld door schadelijke subsidies voor biodiversiteit (zoals subsidies voor het gebruik van fossiele brandstoffen) uit te faseren en emissies te reduceren door bijvoorbeeld het invoeren van een belasting.
- **Stimuleren verduurzaming van primaire productie op bedrijfsniveau**
Dat kan bijvoorbeeld door het verbeteren van de efficiëntie van het gebruik van inputs, het verkleinen van het opbrengstenverschil van gewassen, het verminderen van schadelijke inputs en het gebruik van duurzame inputs.
- **Optimaliseren van landgebruik**
Bijvoorbeeld door het vaststellen van beschermende gebieden, het herstellen van bestuiverpopulaties en gedegradeerd land, en het baseren van landgebruiksplanning op biodiversiteitswaarde.
- **Reductie van voedselverspilling en voedselverliezen**
Bijvoorbeeld door het halveren van voedselverspilling. Bijvoorbeeld door het verbeteren van oogst-, opslag- en transporttechnieken, het optimaliseren van productverwerking en houdbaarheid en het bevorderen van bewustwording en gedragsverandering bij consumenten.
- **Dieetverandering naar duurzame dieetkeuzes**
Bijvoorbeeld door *due diligence* handelsverboden voor schadelijke en/of ontbossing gerelateerde productie en het stimuleren van gezonde, duurzame dieetvoorschriften ter vervanging van ongezonde en niet-duurzame consumptie.

4.2 Geselecteerde beleidsopties voor Beleidsscenario

Op basis van de selectiecriteria, afstemming intern en met de klankbordgroep, zijn uiteindelijk zes beleidsopties uit de totaalijst met beleidsopties geselecteerd die samen het Beleidsscenario vormen (zie tabel 4.1; voor een uitgebreide uiteenzetting, zie tabel B1.1 in bijlage 1).

De geselecteerde beleidsopties kunnen concrete beleidsopties zijn of geformuleerd zijn als doelstelling. Een concrete beleidsoptie is bijvoorbeeld een juridische beleidsoptie waarin landen verplicht worden bepaalde acties te ondernemen of een financiële beleidsoptie die dient als negatieve of positieve stimulans voor het veranderen van gedrag.

Beleids-opties die opgesteld zijn als doel kunnen gericht zijn op het behalen van specifieke uitkomsten zonder dat de exacte implementatiemethode wordt vastgelegd. Voorbeelden hiervan zijn het verminderen van voedselverspilling of het wijzigen van dieetvoorkeuren. Naar verwachting zullen deze beleidsopties meer effect tonen op het reduceren van de voetafdruk dan beleidsopties die één enkele maatregel bevatten, aangezien een beleidsdoel als het ware meerdere individuele maatregelen tegelijkertijd doorrekent.

Om een dergelijke doelstelling te verwezenlijken, zijn vaak aanvullende concrete beleidsopties nodig, zoals informatiecampagnes, belastingvoordelen of andere beleidsinterventies.

In dit beleidsscenario is onderzocht welke beleidsopties kunnen bijdragen aan het halveren van de voetafdruk. Hiervoor is gekeken naar verschillende doelstellingen die ieder op hun manier bijdragen aan deze ambitie. Het scenario bestaat uit een combinatie van losse beleidsopties, maar vormt nog geen samenhangend beleidspakket. Vervolgstudies moeten uitwijzen welk beleid geschikt is om de opgestelde doelen (zoals verandering in dieet) te behalen en om samenhang en/of uitsluiting tussen de diverse beleidsopties te analyseren.

Tabel 4.1 Geselecteerde beleidsopties voor het Beleidsscenario

Beleids-optie	Inzet beleid
Verandering huidig dieet naar voorkeur voor EAT-Lancet-dieet (zie deze link voor een uiteenzetting)	Doel
Efficiënter gebruik van inputs	Doel
'Due diligence' tarief op schadelijke producten (EUDR)	Beleids-optie (financieel)
Reduceren van emissies van voedselproductie	Beleids-optie (financieel)
Vergroten oppervlakte beschermd gebied	Beleids-optie (juridisch)
Halveren voedselverspilling en voedselverliezen	Doel

Additioneel wordt er in deze analyse nog een beleidsoptie meegenomen ter verkenning (*Kunstmest- en pesticidentaks*). Deze is niet opgenomen in het finale beleidsscenario, maar dient ter ondersteuning van de interpretatie van resultaten. Dit is de beleidsoptie 100% belasting op kunstmest en pesticiden, ook wel de kunstmest- en pesticidentaks.

4.3 Observaties uit de literatuuranalyse

Op basis van de literatuuranalyse kunnen een aantal observaties worden geformuleerd met betrekking tot het afstemmen van beleid op de doelstelling om biodiversiteitsverlies te verminderen.

Ten eerste, er is een gebrek aan concreet gedefinieerde beleidsopties en doelstellingen omtrent de thematiek van biodiversiteit. Beleidsopties moeten goed gedocumenteerd zijn, zodat ze praktisch uitvoerbaar zijn. In beleidsdocumenten worden vaak ambities geformuleerd, maar ontbreekt het aan concrete doelstellingen en beleidsopties om deze ambities te realiseren, wat de implementatie bemoeilijkt.

Ten tweede, niet alle directe oorzaken van biodiversiteitsverlies worden belicht. Beperkt beleid is geformuleerd voor het voedselsysteem rond de drukfactoren op biodiversiteit 'klimaatverandering' en 'invasieve soorten'.

Ten derde, het belang van zachte beleidsinstrumenten, zoals het stimuleren van gedragsverandering door communicatie en kennisverspreiding, wordt nog onvoldoende geconcretiseerd. Ze kunnen juist effectief bijdragen aan biodiversiteitsdoelen, bijvoorbeeld door gedragsverandering te stimuleren.

Ten vierde, het integreren van lokale kennis en uitdagingen in beleid is essentieel. Een gebiedsgerichte aanpak benut regionale kennis of flora, fauna en ecosystemen, wat bijdraagt aan effectiever beheer van biodiversiteit. Toegankelijke kwalitatieve studies kunnen dit versterken.

5



5 Impact op biodiversiteit per voetafdrukindicator

5.1 Modelleren Beleidsscenario

Doorvoering Beleidsscenario

Het Beleidsscenario omvat zes beleidsopties. De bewoording en wijze van modellering zijn weergegeven in tabel 5.1 (zie voor een gedetailleerde uiteenzetting van modelkeuzes, zie tabel B1.1 in bijlage 1). De beleidsopties kunnen zijn doorgevoerd op Europees niveau ('Eat-Lancet-dieet', 'Due Diligence (EUDR)', 'CO₂-equivalententaks' of 'Halvering voedselverspilling'), of op wereldniveau ('Efficiënter gebruik inputs' en 'Beschermd gebied 30%'). De beleidsopties op wereldniveau worden op grotere schaal doorgevoerd vanwege internationale afspraken om beschermde gebieden uit te breiden en de aanname dat technologieontwikkelingen zich wereldwijd verspreiden.

Deze beleidsopties zijn ofwel als concreet beleidsinstrument opgenomen ('Due Diligence', 'CO₂-equivalententaks' of 'Beschermd gebied 30%'), ofwel als doelstelling ('Eat-Lancet-dieet', 'Halvering voedselverspilling' of 'Efficiënter gebruik inputs'). Daarnaast is de beleidsoptie 'Kunstmest- en pesticidentaks' opgenomen ter vergelijking van effecten van doorvoering beleid (zie paragraaf 4.2 voor meer informatie).

Modelberekeningen naar 2050 toe

modelberekeningen gebruikgemaakt van een Basisjaar (2017). Daarnaast is ingezet op een toekomstscenario waarbij huidige trends zijn doorgetrokken tot 2050 volgens de zogeheten SSP2 setting. Veranderingen richting de toekomst zoals verwachte populatiegroei, BBP en technologische ontwikkelingen door de tijd heen zijn doorgerekend vanuit de specifieke verwachtingen voor het SSP2 'Middle of the Road' scenario. Deze zijn te vinden in bijlage 1.

Tabel 5.1 Keuze modellering beleidsopties uit Beleidsscenario

Zoals beschreven in paragraaf 3.2, is er voor de Naam beleidsoptie	Manipulatie in model	Schaalniveau manipulatie
SSP2 + EAT-Lancet-dieet	50% reductie dierlijke ⁹ producten conform de EAT-Lancet voorschriften	Europa
SSP2 + Efficiënter gebruik inputs	Efficiënter gebruik inputs conform SSP richtlijnen voor duurzame ontwikkeling en gelijkwaardige groei tussen landen (SSP1)	Wereld
SSP2 + Due Diligence	Importtarief 100% op producten ¹⁰ met grote voetafdruk	Europa
SSP2 + CO ₂ -eq.-taks	Belastingen op CO ₂ -eq. Van 50 USD per ton lachgas (N ₂ O) en methaan (CH ₄)	Europa
SSP2 + Beschermd gebied 30%	30% oppervlakte beschermd gebied conform Target 3 Global Biodiversity Framework	Wereld
SSP2 + Halvering voedselverspilling	Technische vooruitgang primaire productie en verwerkende industrie, reductie van de totale consumptie huishoudens	Europa

⁹ Met uitzondering van aquatische producten.

¹⁰ Bijvoorbeeld vlees uit Brazilië en palmolie uit Zuidoost-Azië.

5.2 Impact per voetafdrukindicator

In deze paragraaf worden de resultaten voor de vijf voetafdrukindicatoren weergegeven voor zowel de grootte (bijvoorbeeld totaal areaal) als de diepte (de impact die dit areaal heeft op biodiversiteitsverlies) weergegeven. Dit doen we aan de hand van figuren die de locatie en de grootte van de voetafdrukindicator weergeven, zoals het voorbeeldfiguur 5.1 laat zien.

In de figuur kan de hoogte van de voetafdrukindicator afgelezen worden per locatie (waar vindt de voetafdruk voor de Nederlandse voedselconsumptie plaats) en per scenario (het Basisjaar, het SSP2-scenario, of het Beleidsscenario). De rechterkolom in 'Rest Wereld' geeft bijvoorbeeld aan wat de voetafdruk in het Beleidsscenario is voor de Nederlandse voedselconsumptie die afkomstig is buiten Europa.

Voor de locatie 'Rest Wereld' blijkt het Beleidsscenario (6) de laagste biodiversiteitsimpact te genereren. Ofwel: de kolom voor *SSP2 + Beleid* is het laagst in vergelijking met die voor het scenario Basisjaar en die voor SSP2.

Naast de drie grote scenario's ('Basisjaar', 'SSP2 scenario' en 'Beleidsscenario') worden ter illustratie de effecten van de individuele beleidsopties in kaart gebracht per voetafdrukindicator (zie tabel 5.1 voor de benaming van deze individuele beleidsopties). Deze worden per voetafdrukindicator als los scenario gepresenteerd om de individuele effecten van elke beleidsoptie op het reduceren van de biodiversiteitsvoetafdruk van de desbetreffende indicator te illustreren (zie Doorvoering Beleidsscenario).

Landvoetafdruk

De landvoetafdruk geeft de totale landoppervlak weer die in gebruik is voor de productie van voedsel bestemd voor de Nederlandse consumptie. De landvoetafdruk onderscheidt ook de locatie van landgebruik.

Vanuit de resultaten voor de grootte van de landvoetafdruk (figuur 5.1), is te zien dat in het SSP2-scenario de totale landvoetafdruk met circa 5% afneemt ten opzichte van het Basisjaar. Voor het Beleidsscenario (additioneel op het SSP2-scenario) is te zien dat de totale landvoetafdruk met circa 42% afneemt ten opzichte van het Basisjaar. Daarmee geeft het Beleidsscenario een forse daling van de landvoetafdruk in vergelijking met de geringe daling door het SSP2-toekomstscenario.

De resultaten voor de diepte (figuur 5.2) van de landvoetafdruk laten zien dat de verschillen tussen beide toekomstscenario's toenemen. Zo bereikt het Beleidsscenario een reductie van circa 48% (van circa 1,25% in het Basisjaar naar circa 0,65% in het Beleidsscenario), en komt daarmee in de buurt van een halvering van de landvoetafdruk. In het SSP2-scenario zal de landvoetafdruk echter met 10% (naar circa 1,38% in het SSP2-scenario) toenemen.

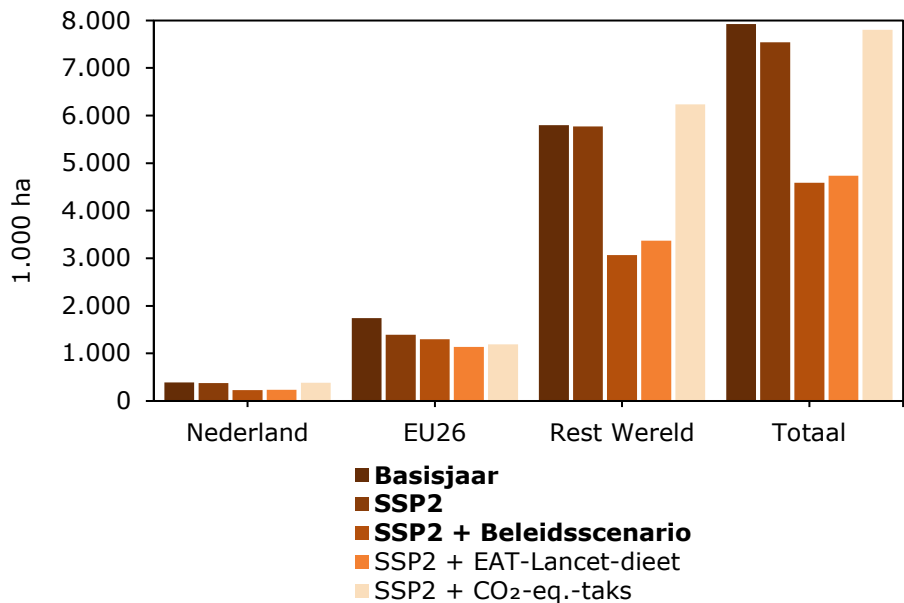
Momenteel vindt het grootste deel van de landvoetafdruk buiten Europa plaats (73% van de totale grootte van de landvoetafdruk, 88% van de totale diepte van de landvoetafdruk in 2017).

De voornaamste reden voor de totale toename van de landvoetafdruk in het SSP2-scenario (diepte) is de toename in de vraag naar producten die veel land in gebruik nemen zoals vlees.

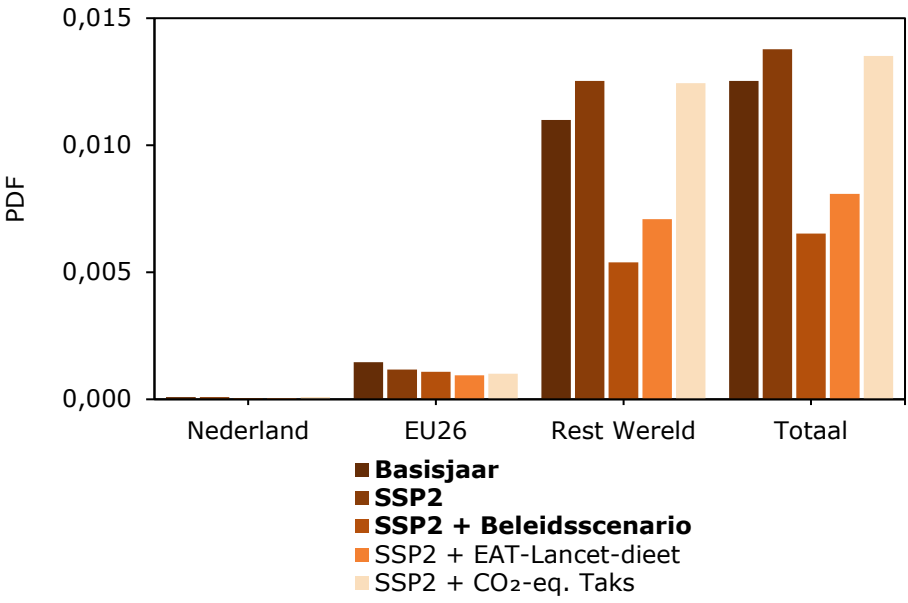
De voornaamste reden voor de afname van de landvoetafdruk door invoering van het Beleidsscenario is de verandering in dieetpatronen, afkomstig van de beleidsoptie 'EAT-Lancet-dieet'. Deze beleidsoptie leidt tot een reductie van de consumptie van dierlijke producten, waardoor minder landoppervlak nodig is voor productie hiervan. Voor de resultaten van elke individuele beleidsoptie, zie figuur B3.1 en B3.2 in bijlage 3.

Uit de analyse blijkt dat de individuele beleidsoptie 'CO₂-equivalententaks' leidt tot een toename van de landvoetafdruk (ten opzichte van het basisjaar voor de diepte

van de landvoetafdruk; zie figuur 5.1 en 5.3). De oorzaak hiervan is dat producten met een hoge CO₂-uitstoot, zoals vlees, binnen Europa zwaarder worden belast. Hierdoor wordt het relatief aantrekkelijker om deze producten van buiten Europa te importeren, waar deze belastingen ontbreken. Als gevolg daarvan verschuift een deel van de milieudruk buiten Europa, wat tot een hogere landvoetafdruk in die regio's leidt. Op dit moment is het Europese *Carbon Border Adjustment Mechanism*¹¹ (CBAM) *nog niet volledig van kracht*. CBAM vereist op termijn dat importeurs van CO₂-intensieve goederen een CO₂-heffing moeten gaan betalen voor zendingen boven een waarde van 150 euro. Momenteel geldt echter alleen een rapportageplicht. Omdat het instrument nog niet volledig is geïmplementeerd, is het buiten beschouwing gelaten in deze studie. In de toekomst kan CBAM mogelijk wel bijdragen aan het inperken van de verplaatsingseffecten die samenhangen met de CO₂-equivalententaks, zoals hierboven genoemd.



Figuur 5.1 Landvoetafdruk, in 1.000 ha



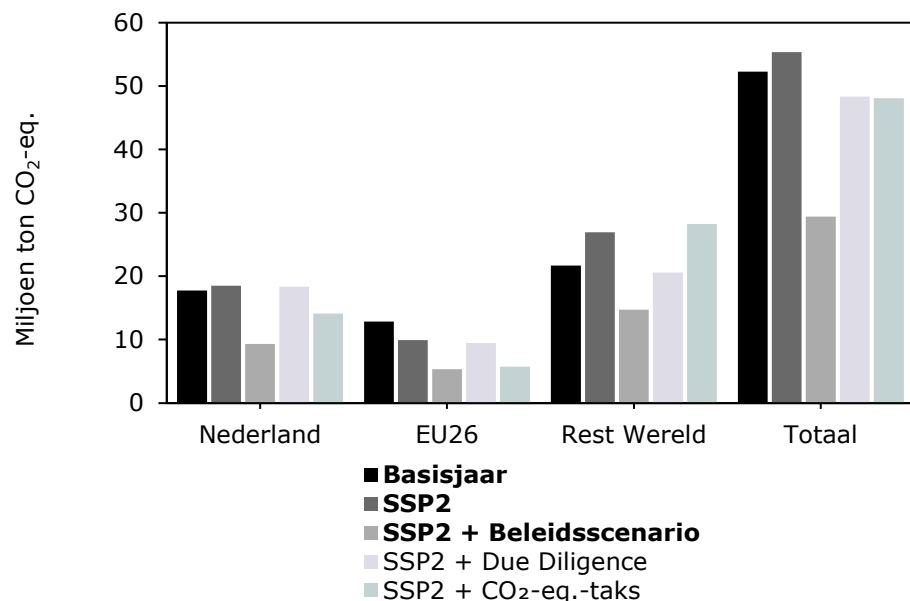
Figuur 5.2 Landvoetafdruk, in Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF)

¹¹ https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/nl/douane_voor_bedrijven/content/carbon-border-adjustment-mechanism-cbam

Broeikasgasvoetafdruk

De broeikasgasvoetafdruk geeft de totale uitstoot van CO₂-equivalentenemissies in miljoen ton die uitgestoten worden voor de productie van voedsel bestemd voor de Nederlandse consumptie. De broeikasgasvoetafdruk onderscheidt ook de locatie van emissies.

Uit de resultaten voor de grootte van de landvoetafdruk (figuur 5.3), blijkt dat in het SSP2-scenario de totale broeikasgasvoetafdruk met circa 6% toeneemt ten opzichte van het Basisjaar. Voor het Beleidsscenario (additioneel op het SSP2-scenario) is te zien dat de totale broeikasgasvoetafdruk met circa 44% afneemt ten opzichte van het Basisjaar. Een forse daling door het Beleidsscenario in vergelijking met de toename door het SSP2-scenario.

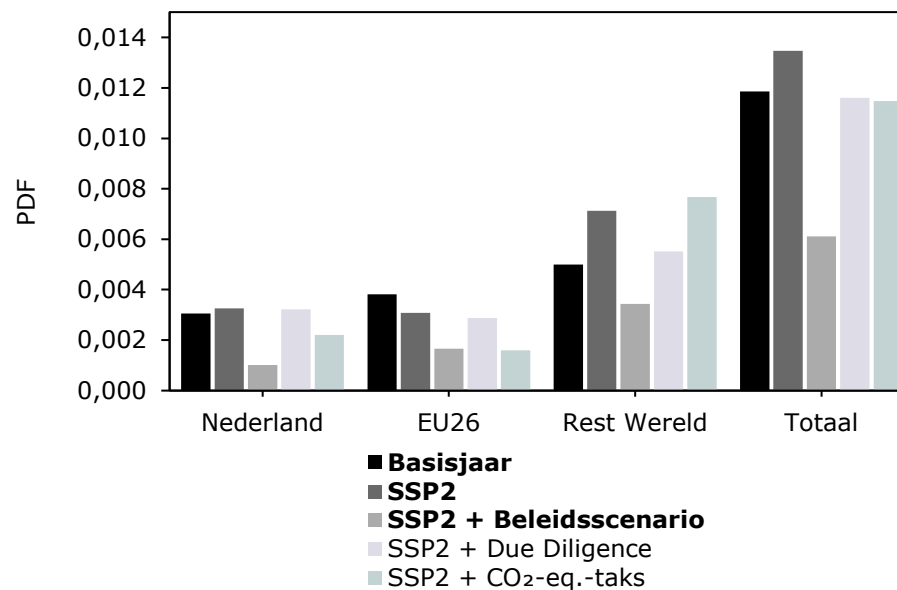


Figuur 5.3 Broeikasgasvoetafdruk, in miljoen ton CO₂-equivalenten

Figuur 5.4 illustreert dat het verschil in de diepte van de broeikasgasvoetafdruk tussen beide toekomstscenario's toeneemt. Zo bereikt het Beleidsscenario een reductie van circa 48% (van circa 1,19% in het Basisjaar naar circa 0,61% in het Beleidsscenario), en komt daarmee in de buurt van een halvering van de broeikasgasvoetafdruk. In het SSP2-scenario zal de broeikasgasvoetafdruk echter met 14% (naar circa 1,35% in het SSP2-scenario) toenemen.

Momenteel vindt een groot deel van de broeikasgasvoetafdruk in Nederland plaats (34% van de totale grootte broeikasgasvoetafdruk, en 26% van de totale diepte broeikasgasvoetafdruk in 2017).

Deze toename in het SSP2-scenario komt onder andere door oplopende globalisering die de uitstoot van transport doet toenemen, gepaard met een groeiende wereldbevolking en algehele inkomensstijging die de totale vraag naar producten met een hoge CO₂-uitstoot (zoals vlees en zuivel) zal laten toenemen.



Figuur 5.4 Broeikasgasvoetafdruk, in Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF)

De afname is voornamelijk toe te schrijven aan de beleidsoptie van het 'EAT-Lancet-dieet', die leidt tot veranderingen in dieetpatronen (zie figuur B4.1 en B4.2 in bijlage 4). Deze beleidsopties leiden tot een reductie in consumptie van dierlijke producten, waardoor minder uitstoot nodig is. Voor de resultaten van elke individuele beleidsoptie verwijzen we naar figuur B4.1 en B4.2 in bijlage 4.

Verder is te zien dat door de individuele beleidsoptie 'CO₂-equivalententaks' de broeikasgasvoetafdruk relatief gezien verplaatst wordt buiten Europa, door het duurder worden van producten met een hoge CO₂-uitstoot (zoals vlees en zuivel) in Nederland en Europa. Hierdoor zal de broeikasgasvoetafdruk in het buitenland voor het Beleidsscenario toenemen ten opzichte van het Basisjaar. Dit terwijl de 'Due Diligence'-beleidsoptie juist zorgt voor het omgekeerde effect, namelijk dat producten met een grote voetafdruk buiten Europa (zoals vlees afkomstig uit Brazilië) geweerd worden, waarmee de afname (en dus productie) van dergelijke producten binnen Europa en buiten restrictielanden gestimuleerd wordt. Daarmee is een lichte toename van de broeikasgasvoetafdruk buiten Europa te zien (ten opzichte van het Basisjaar).

Watervoetafdruk

De watervoetafdruk geeft het totale volume water gebruikt voor irrigatie voor de productie en verwerking van voedsel in miljoen m³ voor de Nederlandse consumptie weer. De watervoetafdruk onderscheidt ook de locatie van watergebruik.

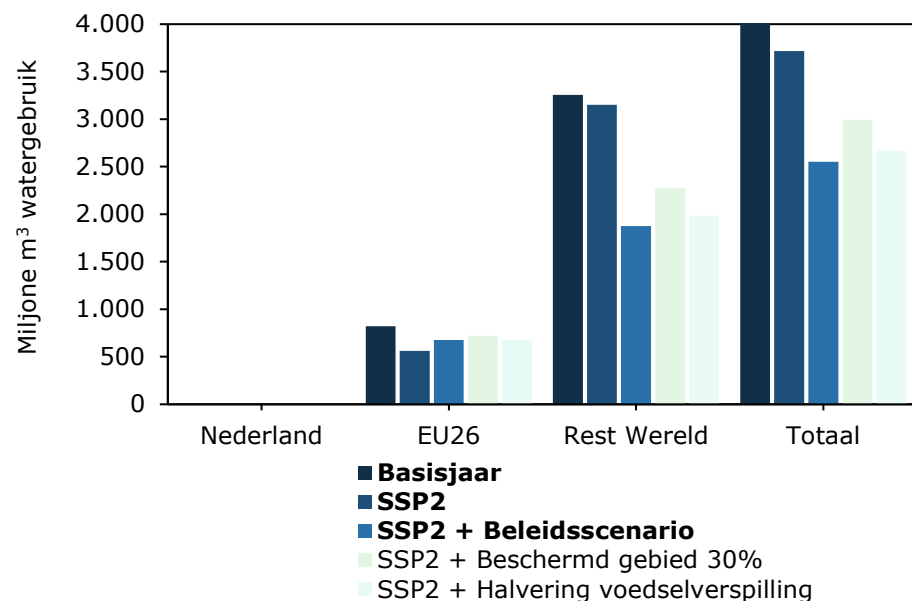
Vanuit de resultaten voor de grootte van de watervoetafdruk (figuur 5.5), wordt duidelijk dat in het SSP2-scenario de totale landvoetafdruk met circa 9% afneemt ten opzichte van het Basisjaar. Voor het Beleidsscenario (additioneel op het SSP2-scenario) is te zien dat de totale watervoetafdruk met circa 37% afneemt ten opzichte van het Basisjaar. Een forse daling door het Beleidsscenario in vergelijking met de geringe daling door het SSP2-scenario.

De diepte (figuur 5.6) van de watervoetafdruk laat zien dat het Beleidsscenario een reductie bereikt van circa 45% (van circa 0,050% in het Basisjaar naar circa 0,027% in het Beleidsscenario), en komt daarmee in de buurt van de halvering van de watervoetafdruk. In het SSP2-scenario zal de watervoetafdruk met 27% (naar circa 0,036% in het SSP2-scenario) afnemen.

Momenteel vindt het grootste deel van de watervoetafdruk buiten Europa plaats (80% van de totale watervoetafdruk grootte, en 98% van de totale watervoetafdrukdiepte in 2017).

De totale afname van de watervoetafdruk in het SSP2-scenario komt met name door technologische ontwikkelingen die resulteren in efficiëntere toepassing van irrigatiewater of het gebruik van water in de verwerkende industrie. Voor dergelijke technologische ontwikkelingen zijn investeringen nodig en beleid dat stuurt op adoptie van dergelijke innovaties.

De voornaamste reden voor de (additionele) afname van de watervoetafdruk in het Beleidsscenario is de 'Halvering van voedselverspilling', waarmee efficiënt grondstofgebruik gestimuleerd wordt in de gehele keten. Daarnaast zet de beleidsoptie in op het reduceren van de totale aankoop door huishoudens waarmee er minder producten met bijvoorbeeld een grote watervoetafdruk, zoals fruit, worden ingekocht. Daardoor wordt relatief gezien minder water verbruikt. Voor de resultaten van elke individuele beleidsoptie, zie figuur B5.1 en B5.2 in bijlage 5.

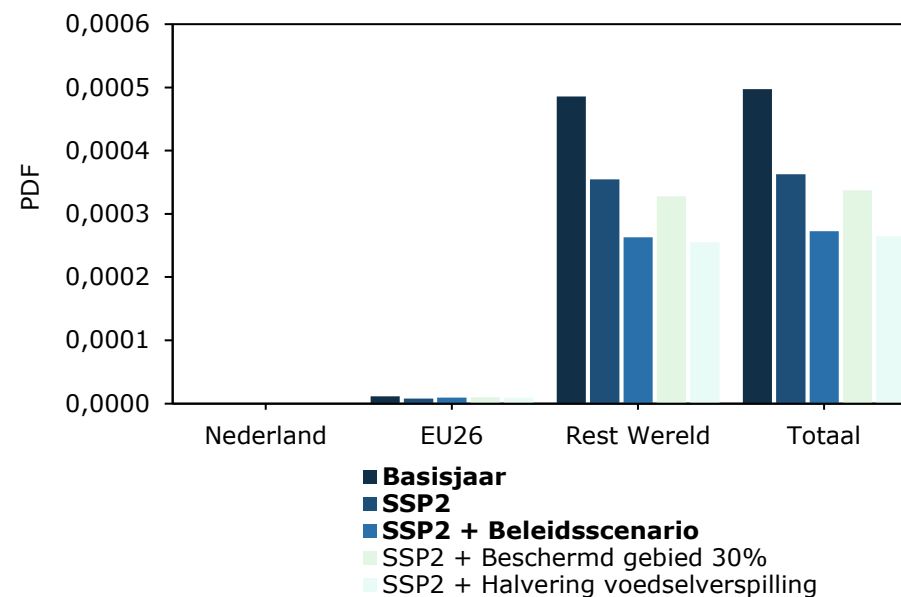


Figuur 5.5 Watervoetafdruk, in miljoenen m³

De beleidsoptie 'Beschermd gebied 30%' houdt in dat 30% van het land niet langer beschikbaar is voor landbouw en wordt bestemd als natuurgebied. Dit leidt tot een afname van het totale watergebruik en daarmee een reductie van de watervoetafdruk. Doordat er minder landbouwgrond beschikbaar is, wordt de productie op het overgebleven land geïntensiveerd. Deze intensivering stimuleert efficiënter watergebruik, bijvoorbeeld via verbeterde irrigatiemethoden en aangepaste gewaskeuzes. Hierdoor wordt het beschikbare water effectiever benut, wat resulteert in een lagere watervoetafdruk per eenheid voedselproductie.

De onderliggende berekeningen (zie bijlage B1) gaan uit van brede adoptie van irrigatiesystemen, zeker in landen waar deze momenteel nog weinig worden toegepast. Voor deze adoptie zijn echter aanzienlijke investeringen nodig, met name in landen met een grote primaire sector en beperkte toegang tot technologie en financiering.

¹² De veronderstelde toename in de technologische efficiëntie is respectievelijk +34% in Sub-Sahara Afrika, +27% in Latijns Amerika en +21% in Zuidoost-Azië.



Figuur 5.6 Watervoetafdrukdiepte, in potentially disappeared fraction of species (PDF)

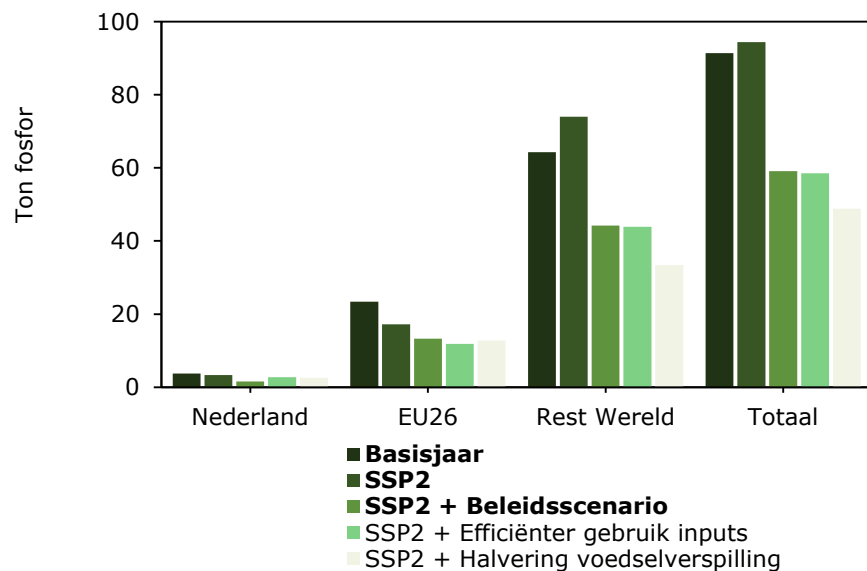
In de doorrekening wordt uitgegaan van een stijging in de efficiëntie van het watergebruik door technologische innovatie.¹² In sommige delen van met name Sub-Sahara Afrika is de beschikbaarheid van water echter niet gegarandeerd, mede vanwege toenemende waterstress. In dergelijke regio's is volledige adoptie van efficiëntere watersystemen en de beoogde vermindering in waterverbruik alleen mogelijk als deze gepaard gaat met gericht beleid op het verbeteren en versterken van de waterhuishouding.

Nutriëntenvoetafdruk

De nutriëntenvoetafdruk bestaat uit de fosforvoetafdruk en de stikstofvoetafdruk. Deze worden apart weergegeven.

De fosforvoetafdruk wordt gedefinieerd als de hoeveelheid fosfor (P) die als verlies door bemesting (voor de productie van voedsel bestemd voor de Nederlandse consumptie) in de bodem en waterlichamen terechtkomt. De stikstofvoetafdruk wordt gedefinieerd als de hoeveelheid stikstof (N) die als verlies door bemesting voor de productie van voedsel bestemd voor de Nederlandse consumptie in de bodem en waterlichamen terechtkomt. Let wel: in deze voetafdrukken is alléén kunstmest op gewassen meegenomen; effecten van bemesting op grasland zijn bijvoorbeeld niet meegenomen.

De resultaten voor de grootte van de fosforvoetafdruk (figuur 5.7) laten zien dat in het SSP2-scenario de totale fosforvoetafdruk met circa 3% toeneemt ten opzichte van het Basisjaar. Voor het Beleidsscenario (boven op het SSP2-scenario) blijkt dat de totale fosforvoetafdruk met circa 35% afneemt ten opzichte van het Basisjaar. Dit is een forse daling door het Beleidsscenario in vergelijking met de geringe toename in het SSP2-scenario.

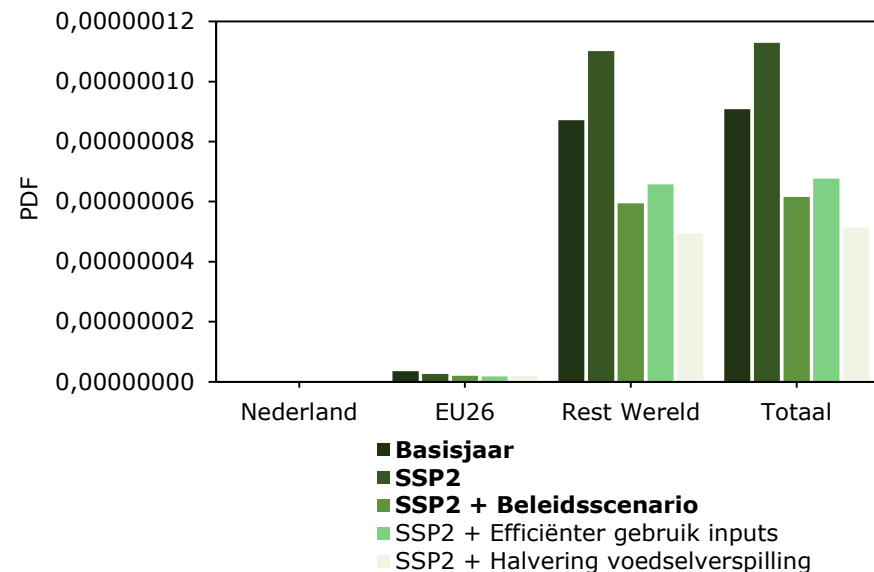


Figuur 5.7 Fosforvoetafdruk grootte, in ton fosfor

De diepte van de fosforvoetafdruk laat zien dat het Beleidsscenario een reductie bereikt van circa 32% (van circa 0,0000091% in het Basisjaar naar circa 0,0000062% in het Beleidsscenario), waarmee er niet een halvering van de fosforvoetafdruk wordt bereikt. Echter, het Beleidsscenario bereikt wel een flinke reductie in de fosforvoetafdruk ten opzichte van het SSP2-scenario waarin de fosforvoetafdruk met circa 24% (naar circa 0,000011%) zal toenemen (figuur 5.8).

Momenteel vindt het grootste deel van de fosforvoetafdruk buiten Europa plaats (70% van de totale fosforvoetafdruk grootte, en 96% van de totale fosforvoetafdruk diepte in 2017).

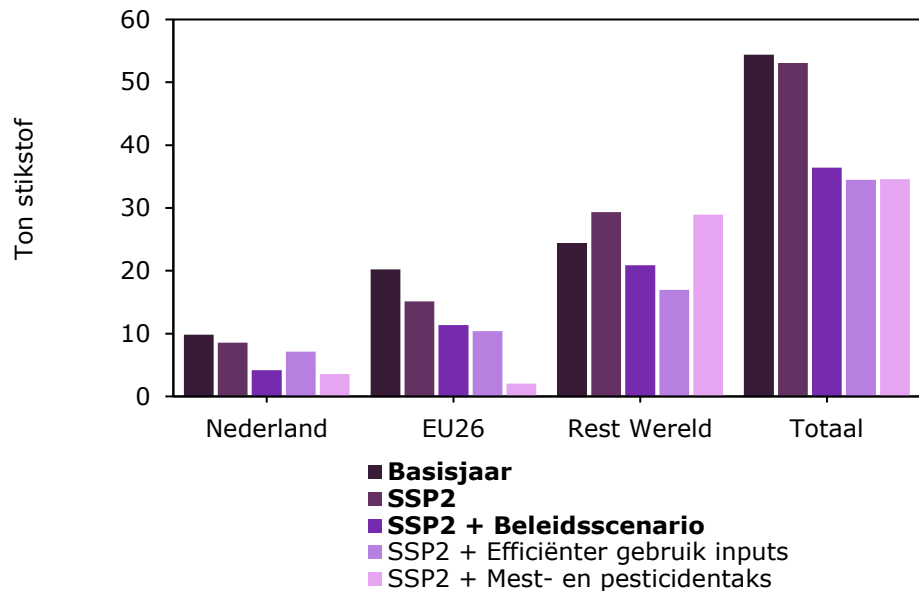
De totale toename van de fosforvoetafdruk in het SSP2- scenario komt met name door het intensiveren van landbouw in de toekomst en de toename in de vraag naar dierlijke producten waar veelal veel kunstmest wordt toegepast voor de productie van diervoeder.



Figuur 5.8 Fosforvoetafdruk diepte, in Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF)

De voornaamste reden voor de afname van de fosforvoetafdruk in het Beleidsscenario is de 'Halvering van voedselverspilling', waarmee efficiënt grondstofgebruik gestimuleerd wordt in de gehele keten. Daarmee is er minder fosfor nodig voor de productie van ons voedsel. Daarnaast richt de beleidsoptie zich op het reduceren van de totale aankoop door huishoudens, zodat er minder producten met bijvoorbeeld een grote fosforvoetafdruk, zoals vlees, worden ingekocht. Voor de resultaten van elke individuele beleidsoptie, zie figuur B6.1 en B6.2 in bijlage 6.

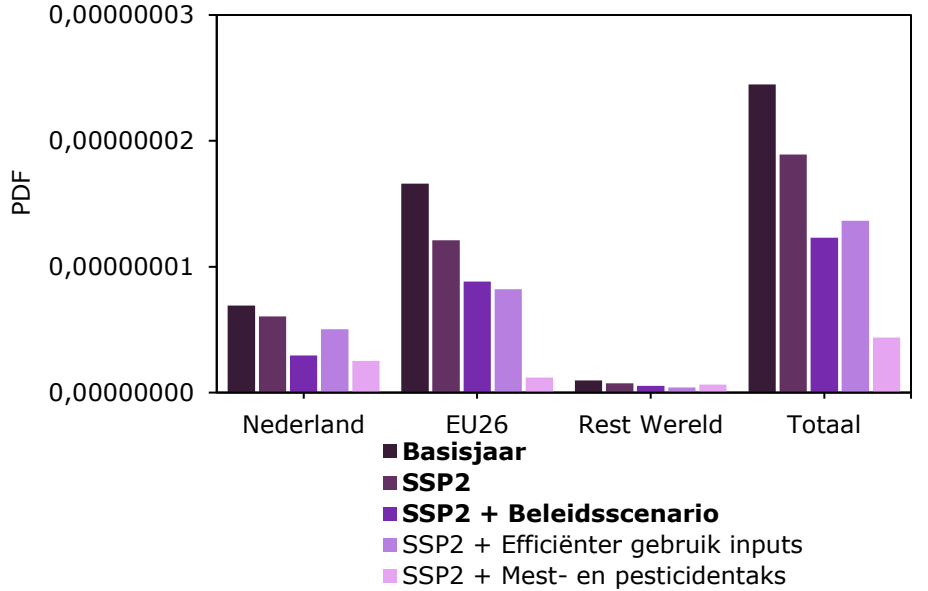
Verder is te zien dat door de individuele beleidsoptie 'Efficiënter gebruik inputs' er een reductie plaatsvindt in de fosforvoetafdruk door het optimaliseren van grondstofgebruik. Hierdoor wordt de toepassing van fosfor efficiënter en is er minder nodig. Wanneer deze twee beleidsopties worden vergeleken, heeft de beleidsoptie Halvering van voedselverspilling een groter bereik door de gehele keten te adresseren.



Figuur 5.9 Stikstofvoetafdruk, in ton stikstof

Uit de resultaten voor de grootte van de stikstofvoetafdruk (figuur 5.9) blijkt dat in het SSP2-scenario de totale stikstofvoetafdruk met circa 2% afneemt ten opzichte van het Basisjaar. Voor het Beleidsscenario (additioneel op het SSP2-scenario) is te zien dat de totale stikstofvoetafdruk met circa 33% afneemt ten opzichte van het Basisjaar. Dit is een forse daling door het Beleidsscenario in vergelijking met de geringe toename in het SSP2-scenario.

Wanneer er naar de diepte (figuur 5.10) van de stikstofvoetafdruk wordt gekeken, is te zien dat het Beleidsscenario een reductie bereikt van circa 50% (van circa 0,0000025% in het Basisjaar naar circa 0,0000012% in het Beleidsscenario), en komt daarmee in de buurt van een halvering van de stikstofvoetafdruk. In het SSP2-scenario neemt de stikstofvoetafdruk met circa 23% (naar circa 0,0000019%) af.



Figuur 5.10 Stikstofvoetafdrukdiepte, in Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF)

Momenteel vindt het grootste deel van de stikstofvoetafdruk plaats in Europa (55% van de totale stikstofvoetafdruk grootte in Europa en Nederland, en 96% van de totale stikstofvoetafdruk diepte in Europa en Nederland in 2017).

De totale afname van de stikstofvoetafdruk in het SSP2-scenario komt met name door technologische ontwikkelingen die resulteren in efficiëntere toepassing van kunstmest.

De voornaamste reden voor de (additionele) afname van de stikstofvoetafdruk in het Beleidsscenario is de verandering in dieetpatronen, waarmee er minder vraag is naar stikstofrijke producten zoals vlees. Voor de resultaten van elke individuele beleidsoptie, zie figuur B6.3 en B6.4 in bijlage 6.

Verder is te zien dat door de individuele beleidsoptie 'Efficiënter gebruik inputs' er een reductie plaatsvindt in de stikstofvoetafdruk door het optimaliseren van grondstofgebruik. Hierdoor wordt de toepassing van kunstmest efficiënter en is er minder nodig.

Voor de beleidsoptie 'Kunstmest- en pesticidentaks' is te zien dat er een flinke afname is in de stikstofvoetafdruk in Europa, terwijl deze in de Rest van de Wereld zal toenemen. Echter, de impact van stikstof (diepte) is het grootst voor Nederland en Europa. Verplaatsing van stikstof naar buiten Europa heeft relatief minder impact op de totale biodiversiteitsverlies. Daarmee is een gerichte belasting op kunstmest voor alleen de stikstofvoetafdruk effectief.

Voor de nutriëntenvoetafdruk is het relevant dat belasting op kunstmest en pesticiden in Europa ertoe kan leiden dat productie verschuift naar landen buiten Europa. Op deze manier wordt het overschot aan fosfor en stikstof 'geëxporteerd'. Ook al neemt de grootte van de stikstofvoetafdruk flink toe buiten Europa, is te zien dat de diepte van deze voetafdruk beperkt toeneemt (figuur 5.10). Voor de fosforvoetafdruk is juist te zien dat de impact van de toename in de grootte van de fosforvoetafdruk buiten Europa flink toeneemt voor de diepte van de fosforvoetafdruk (figuur B6.2 in bijlage 6). Zo kan een beleidsoptie voor elk type voetafdruk anders uitpakken.

Chemische voetafdruk

De chemische voetafdruk geeft het restproduct weer dat overblijft na het totale gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Het restproduct verwijst naar het aandeel gewasbeschermingsmiddelen dat niet ten goede komt aan de gewasbescherming en kan uitspoelen, waarmee het waterbronnen vervuult. Voor de exacte berekeningen van de chemische voetafdruk verwijzen we naar bijlage 7.

De resultaten voor de grootte van de chemische voetafdruk (figuur 5.11) laten zien dat in het SSP2-scenario de totale chemische voetafdruk met circa 23% afneemt ten opzichte van het Basisjaar. Het Beleidsscenario (additioneel op het SSP2-scenario) toont dat de totale chemische voetafdruk met circa 51% afneemt ten opzichte van het Basisjaar. Dit is een forse daling.

Uit de diepte van de chemische voetafdruk (figuur 5.12) blijkt dat het Beleidsscenario een reductie bereikt van circa 49% (van circa 1,36% in het Basisjaar naar circa 0,69% in het Beleidsscenario), en komt daarmee in de buurt van een halvering van de chemische voetafdruk. In het SSP2-scenario zal de chemische voetafdruk met 26% afnemen (naar circa 1,01%).

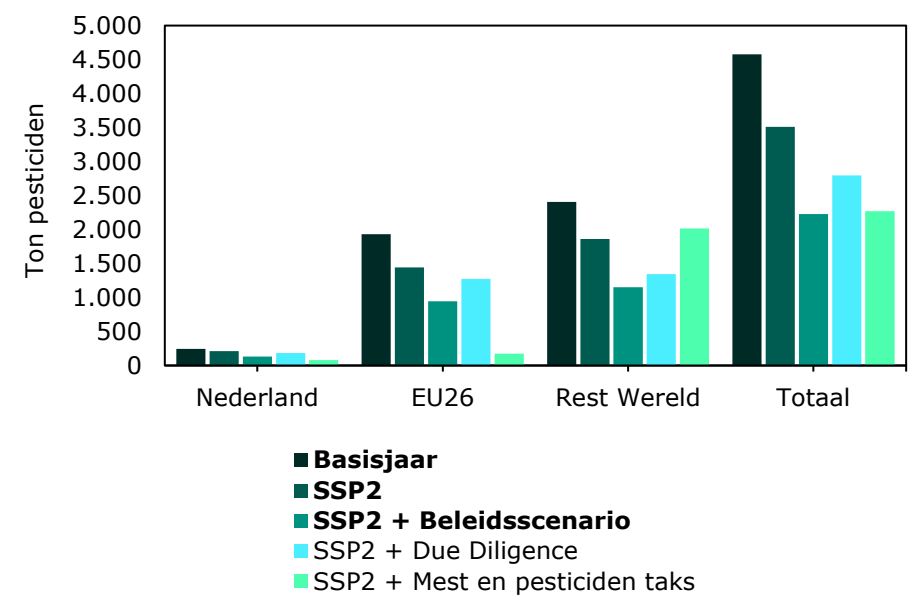
Momenteel vindt het grootste deel van de chemische voetafdruk in Europa plaats (51% van de totale chemische voetafdruk grootte, en 51% van de totale chemische voetafdruk diepte in 2017).

De totale afname van de chemische voetafdruk in het SSP2-scenario komt met name door technologische ontwikkelingen die resulteren in efficiëntere toepassing van gewasbeschermingsmiddelen.

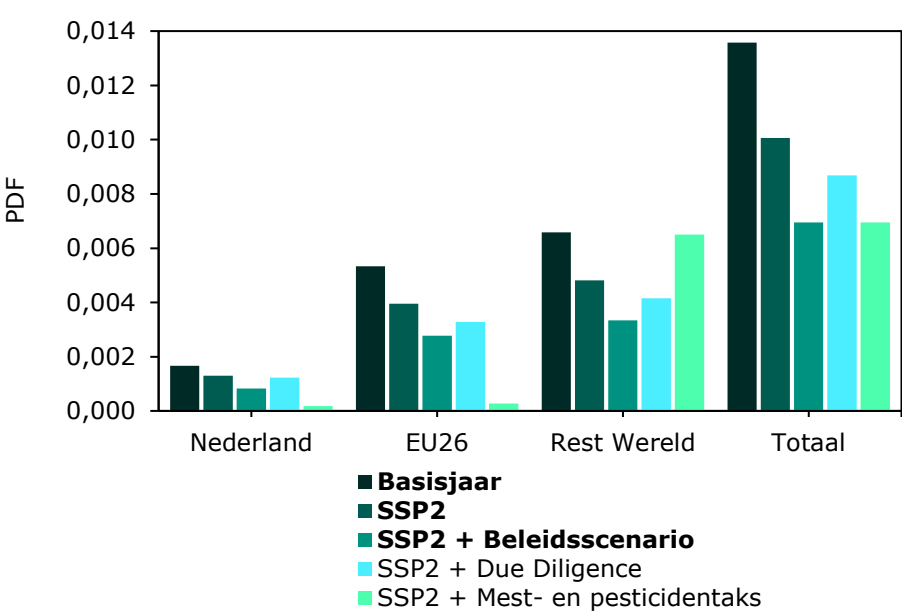
De voornaamste reden voor de (additionele) afname van de chemische voetafdruk in het Beleidsscenario is de verandering in dieetpatronen (zie figuur B7.1 en B7.2 in bijlage 7), afkomstig van de beleidsoptie 'EAT-Lancet-dieet'. Deze beleidsoptie leidt tot een reductie in consumptie van dierlijke producten, waardoor minder gewasbeschermingsmiddelen nodig zijn voor de productie van diervoeder (zoals mais en soja). Daardoor worden er relatief gezien minder gewasbeschermingsmiddelen verbruikt. Voor de resultaten van elke individuele beleidsopties, zie figuur B7.1 en B7.2 in bijlage 7.

Verder valt op dat door de individuele beleidsoptie 'Due Diligence' producten met een grote voetafdruk geweerd worden (zie figuur 5.11 en figuur 5.12). Zo worden er bijvoorbeeld minder olie, granen en rundvlees geïmporteerd uit Brazilië. De productie van deze productgroepen gaat vaak gepaard met een groot verbruik aan pesticiden.

Daarnaast is een belangrijk gegeven dat door in Europa kunstmest en pesticiden te belasten door invoering van de beleidsoptie 'Kunstmest- en pesticidentaks', de productie voor producten waar dit voor nodig is zal verplaatsen buiten Europa. Op deze manier wordt het gebruik van schadelijke pesticiden 'geëxporteerd'. De chemische voetafdruk neemt af binnen Europe en flink neemt toe buiten Europa, zowel voor de grootte als de diepte van de voetafdruk (figuur 5.11 en figuur 5.12).



Figuur 5.11 Chemische voetafdruk grootte, in ton pesticiden



Figuur 5.12 Chemische voetafdruk diepte, in Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF)

5.3 Vergelijking impacts voor elke individuele beleidsoptie

Individuele beleidsopties kunnen een diverse impact hebben op elke voetafdrukindicator. Afhankelijk van welk aspect van de keten wordt geraakt, is een verschil in algehele effectiviteit te zien. Zo kan een beleidsoptie die alleen de productie beïnvloedt ('Beschermd gebied 30%', 'Efficiënter gebruik inputs', 'Kunstmest- en pesticidentaks'), of alleen handel beïnvloedt ('Due Diligence') een ander effect geven dan beleidsopties die de gehele keten adresseren ('EAT-Lancet-dieet', 'CO₂-equivalententaks' of 'Halvering voedselverspilling'). Daarmee zijn de opties waarbij de gehele keten geadresseerd wordt effectiever in het reduceren van de voetafdruk.

Daarnaast speelt de locatie en omvang van een beleidsoptie een grote rol in waar het effect van de beleidsoptie plaatsvindt. Zo valt te observeren voor beleidsopties die globaal van toepassing zijn ('Beschermd gebied 30%', 'Efficiënter gebruik inputs') een algehele daling voor elk gebied voor de desbetreffende voetafdruk, terwijl voor beleidsopties die op EU-niveau worden geïmplementeerd een verschuiving van effecten is te zien. Bijvoorbeeld voor belastingen ('CO₂-equivalententaks', 'Kunstmest- en pesticidentaks') neemt de desbetreffende voetafdruk in Nederland en de rest van Europa af, terwijl deze in de rest van de wereld toeneemt. Daarmee wordt de impact op biodiversiteit als het ware geëxporteerd. Andersom voor beleidsopties waarin 'efficiënte productie' elders wordt geweerd en daarmee verplaatst wordt naar andere landen en/of naar Europa ('Due Diligence'). Voor algehele consumptievermindering en aanpassing naar een duurzamer dieet is te zien dat door een algehele reductie in de vraag naar calorieën en naar calorieën met een grote voetafdruk er reductie plaatsvindt voor elke voetafdruk in elk gebied ('Halvering voedselverspilling' en 'EAT-Lancet-dieet').

Opvallend is dat er verschil zit in de omvang (grootte) en de impact (de diepte) van diverse voetafdrukken. Zo is te zien dat de impact van stikstof in Nederland en de rest van Europa relatief gezien groter is dan de impact van stikstof in de Rest van de wereld. Voor fosfor en water is juist de impact in Nederland en Europa relatief gezien kleiner dan in de Rest van de wereld.

6



6 Impact van de Nederlandse voedselconsumptie op biodiversiteit

6.1 Impact van het Beleidsscenario op het reduceren van de biodiversiteitsvoetafdruk

Biodiversiteitsvoetafdruk

In KOEVOET wordt de impact van menselijk handelen op de wereldwijde biodiversiteit uitgedrukt in de eenheid Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF). Deze geeft aan welke fractie van de wereldwijde soortenrijkdom zou kunnen verdwijnen wanneer de milieudruk voortduurt. De vijf voetafdrukindicatoren gepresenteerd in hoofdstuk 5 vormen samen de biodiversiteitsvoetafdruk die het mondiale (potentiële) verlies aan biodiversiteit weergeeft.

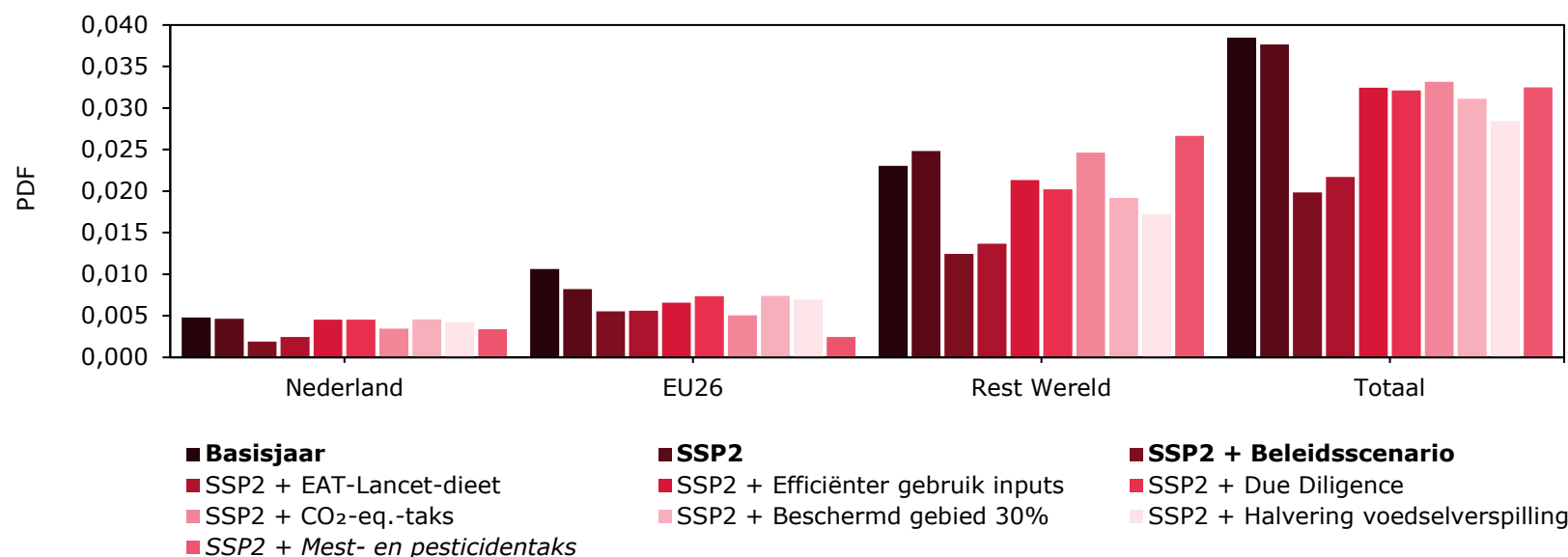
Uit de resultaten voor de biodiversiteitsvoetafdruk (figuur 6.1) is te zien dat in het SSP2-scenario de biodiversiteitsvoetafdruk met slechts circa 2% afneemt (van circa 3,85% in het Basisjaar naar circa 3,78% in het SSP2-scenario).

In het Beleidsscenario wordt een reductie van de biodiversiteitsvoetafdruk bereikt van circa 48%, (van circa 3,85% in het Basisjaar naar circa 1,98% in het Beleidsscenario). Daarmee komt de uitkomst dicht in de buurt van een halvering van de voetafdruk. Deze daling is aanzienlijk in vergelijking met de beperkte reductie die verwacht wordt onder het SSP2-scenario. Alhoewel er onder het SSP2-scenario al aanzienlijke aannames liggen zoals toename in technologische ontwikkelingen en de adoptie hiervan, blijft de reductie in de biodiversiteitsvoetafdruk als gevolg van deze ontwikkelingen beperkt. Dit is opvallend en laat het belang van aanvullend beleid zien die niet

alleen de primaire productie (gebruik van inputs) raakt, maar juist de gehele keten waarin alle aspecten van het voedselsysteem worden meegenomen: van algeheel landgebruik en functie van het landelijk gebied, naar de diverse verantwoordelijkheden binnen sectoren in zowel de verwerkende industrie als uiteindelijk de horeca en supermarktketens, tot aan het consumptiepatroon van consumenten.

Het Beleidsscenario bestaat uit een set aan zes diverse beleidsopties die gelijktijdig worden doorgevoerd. Het laat daarmee het gecombineerde effect zien van verschillende type beleidsopties (zie hoofdstuk 5.1 voor toelichting beleidsopties) die samen gericht zijn op het verkleinen van de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie. Doordat sommige beleidsopties elkaars 'domein' raken, is het gezamenlijke effect kleiner dan de optelsom van de afzonderlijke effecten per beleidsoptie. Zo leidt zowel een verschuiving naar het EAT-Lancet-dieet als het verminderen van voedselverspilling tot een lagere vraag naar dierlijke producten. Het doorrekenen van deze losse opties als één set aan beleidsopties voorkomt dubbeltelling en biedt een realistischer beeld van het totale reductiepotentieel.

Momenteel vindt het grootste deel van de biodiversiteitsvoetafdruk buiten Europa plaats (60% van de totale biodiversiteitsvoetafdruk in 2017). De totale afname van de biodiversiteitsvoetafdruk in het SSP2-scenario komt met name door technologische ontwikkelingen die resulteren in efficiëntere voedselproductie. De geringe afname ontstaat vanuit het toenemen van de totale calorieconsumptie door de Nederlandse consument en het toenemen van het aandeel dierlijke proteïnen in het dieet.



Figuur 6.1 Biodiversiteitsvoetafdruk, in Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF), bestaande uit de landvoetafdruk, broeikasgasvoetafdruk, watervoetafdruk, nutriëntenvoetafdrukken voor fosfor en stikstof, en de chemische voetafdruk

Meest effectieve beleidsopties

De voornaamste reden voor de afname van de biodiversiteitsvoetafdruk in het Beleidsscenario is de verandering in dieetpatronen (zie figuur 5.13), afkomstig van de beleidsoptie EAT-Lancet-dieet. Deze beleidsoptie leidt tot een reductie in consumptie van dierlijke producten, waardoor minder land, broeikasgassen, water, fosfor, stikstof en gewasbeschermingsmiddelen nodig zijn voor de productie van dierlijke producten als vlees en zuivel.

Halvering van voedselverspilling blijkt in het Beleidsscenario effectief in het reduceren van grondstoffengebruik door de gehele keten en het reduceren van consumptie die uiteindelijk verspild zou worden. Deze blijkt met name effectief in de rest van de wereld voor het reduceren van de landvoetafdruk (figuur B3.2), de watervoetafdruk (figuur B5.2), de fosforvoetafdruk (figuur B6.2) en de chemische voetafdruk (figuur B7.2). Voor de broeikasgasvoetafdruk treedt er een beperkt effect op doordat er bij deze

beleidsoptie met name wordt ingezet op het verkleinen van voedselverspilling van bijvoorbeeld plantaardige consumptie en consumptie van granen. Winst behalen voor het reduceren van broeikasgassen zit met name in het reduceren van vlees en zuivelconsumptie.

Afwegingen tussen beleidsopties

Belangrijk om te vermelden is dat de beleidsoptie EAT-Lancet-dieet op zichzelf staand een flinke reductie lijkt te genereren, waarmee additionele beleidsopties overbodig lijken te zijn. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat de beleidsoptie het resultaat van een set onderliggende beleidsinstrumenten modelleert. Additionele beleidsopties zijn nodig om verschuivingen in het internationale voedselsysteem, die ontstaan door veranderingen in dieetpatronen, duurzaam en evenredig in werking te stellen. Dit is terug te zien in bijvoorbeeld gerichte beleidsopties voor het reduceren van broeikasgas emissies of gewasbeschermingsmiddelen in een bepaalde regio. Deze zijn effectief in het

reduceren van bijbehorende voetafdrukken op de locatie waar dit beleid ingezet wordt. Er treedt echter een verschuiving van effecten op waardoor het totaaleffect gedeeltelijk beperkt wordt (neem bijvoorbeeld de CO₂-equivalententaks) en soms zelfs negatief kan uitvallen (neem bijvoorbeeld de mest- en pesticidentaks).

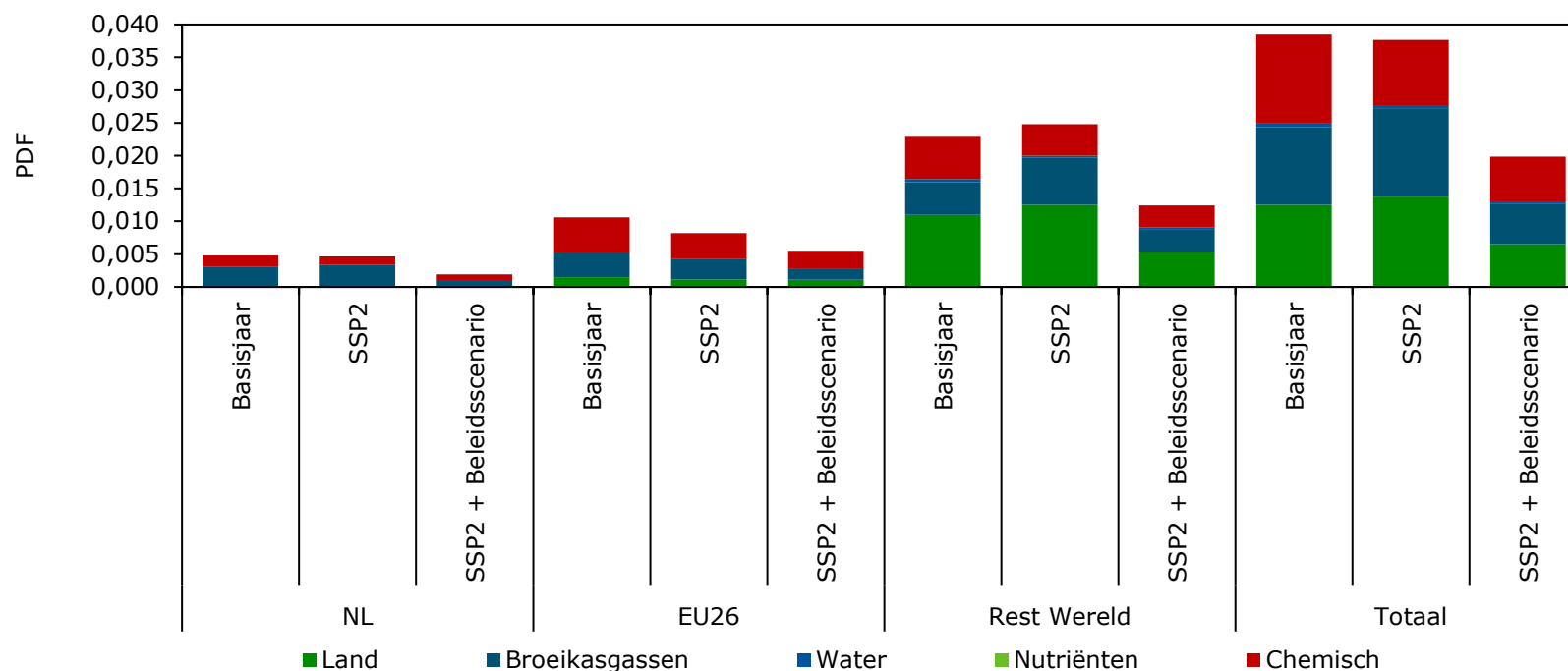
Hetzelfde geldt voor het wijzigen van de herkomst van producten of het efficiënter maken van productie ten behoeve van het reduceren van de voetafdruk. Wanneer de vraag naar schadelijke producten constant blijft of zelfs toeneemt, zullen beleidsopties die trachten de wijze van productie aan te passen een beperkt effect genereren. Neem bijvoorbeeld de Due Diligence-regeling, waarbij het verbannen van bepaalde producten uit dergelijke landen op de korte termijn zal zorgen voor een reductie van bijbehorende voetafdrukken, maar de productie van deze producten (en daarmee de voetafdrukken) op de lange termijn overgenomen zullen worden door andere landen wanneer de vraag naar deze producten constant blijft. Deze verplaatsing van (negatieve) effecten wordt een waterbed-effect genoemd. Daarbij is het dus van belang flankerend beleid in te zetten die ervoor zorgt dat productie daadwerkelijk verduurzaamt in plaats van dat schadelijke productie zich verplaatst. Dit geldt ook voor het efficiënter maken van het gebruik van inputs. Deze regeling zorgt voor een hogere productiviteit (vooral in gebieden waar de opbrengstkloof momenteel nog groot is), waardoor producten goedkoper kunnen worden aangeboden, wat (ongewenst) kan leiden tot een toename in consumptie.

Het in kaart brengen van deze tweededorde-effecten is dus van belang om inzicht te geven in mogelijke onbedoelde langetermijneffecten en het bieden van indicaties voor mogelijk flankerend beleid. Flankerend beleid zet in op het ondersteunen van verduurzaming van productie en consumptie aan de hand van 'zachte beleidsopties', zoals het stimuleren van gedragsverandering door communicatie en kennisverspreiding, of door het inzetten op financiële prikkels voor het stimuleren van alternatieve consumptie en/of productie.

Locatie en aandeel van voetafdrukken

De voetafdrukindicatoren met de grootste invloed op de totale biodiversiteitsimpact verschillen per regio (zie figuur 6.2). Zo heeft de broeikasgasvoetafdruk het grootste aandeel in de biodiversiteitsvoetafdruk voor regio Nederland (circa 64% in Basisjaar), gevolgd door de chemische voetafdruk (circa 35% in Basisjaar). Voor Europa heeft de chemische voetafdruk het grootste aandeel in de totale biodiversiteitsvoetafdruk (circa 50% in Basisjaar), gevolgd door de broeikasgasvoetafdruk (circa 36% in Basisjaar). De chemische voetafdruk in Europa is met name afkomstig uit de sectoren pluimvee en zuivel (Basisjaar). In de rest van de wereld speelt de landvoetafdruk een grote rol (circa 48% in Basisjaar), gevolgd door de chemische voetafdruk (circa 29% in Basisjaar). De chemische voetafdruk heeft het grootste aandeel in de biodiversiteitsvoetafdruk (circa 35% in Basisjaar), gevolgd door de landvoetafdruk (circa 33% in Basisjaar) en de broeikasgasvoetafdruk (circa 31% in Basisjaar). Dit laat zien dat zowel de chemische voetafdruk als de land- en broeikasgas-voetafdruk een vergelijkbare impact hebben op biodiversiteit. Deze drie voetafdrukken blijken het meest bepalend voor de biodiversiteitsvoetafdruk en zijn daarmee de belangrijkste aangrijpingspunten voor de reductie van de biodiversiteitsvoetafdruk op mondiale schaal.

Wat duidelijk is, is dat zowel de watervoetafdruk als de nutriëntenvoetafdruk een klein aandeel beslaan in de totale voetafdruk. De watervoetafdruk genereert met name in de rest van de wereld impact. De nutriëntenvoetafdruk laat een beperkte impact zien ten opzichte van de andere voetafdrukken. Dit betekent echter niet dat de impact van watergebruik of uitspoeling van nutriënten schadeloos is voor de biodiversiteit. Deze zijn wel degelijk van belang voor de kwaliteit van ecosystemen. Daarnaast worden bepaalde soorten (denk aan bodembiodiversiteit of plantensoorten zoals heide) buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek. Hierdoor kan eventuele impact in dit onderzoek van bodemoverschotten zoals stikstof en fosfor op soortenverlies uitblijven.



Figuur 6.2 Biodiversiteitsvoetafdruk, in Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF). De figuur laat het aandeel van elke voetafdrukindicator zien, bestaande uit de landvoetafdruk, broeikasgasvoetafdruk, watervoetafdruk, nutriëntenvoetafdrukken voor fosfor en stikstof, en de chemische voetafdruk

De verdeling van belangrijkste voetafdrukken en bijbehorende biodiversiteitsimpact laat zien waar de beleidsfocus in elke regio op gelegd kan worden. Voor Nederland en Europa is dat reductie van de chemische- en broeikasgas-voetafdruk, voor de rest van de wereld de landvoetafdruk.

Verschil met de ecologische voetafdruk

De ecologische voetafdruk kijkt naar de hoeveelheid landoppervlak die nodig is om voedsel te produceren. Deze wordt uitgedrukt in 'global hectares'. Dit is de hoeveelheid ruimte die mondiaal nodig is om grondstoffen voor onze consumptie te produceren, evenals om uitstoot van broeikasgasemissies te compenseren. De ecologische voetafdruk (zie figuur B8.1 in bijlage 8 geeft een vergelijkbaar beeld met die van de biodiversiteitsvoetafdruk. In het SSP2-scenario neemt de

ecologische voetafdruk met circa 5% af. Echter, de reductie van de ecologische voetafdruk is met circa 30% in het Beleidsscenario ten opzichte van het Basisjaar daarmee niet toereikend voor de halvering van de ecologische voetafdruk.

Wereldwijd is er 1,6 global hectares (gha) aan biocapaciteit beschikbaar per persoon (per capita genoemd).¹³ Het Voedingscentrum stelt dat het 'eerlijke aandeel' voor voedsel 50% van de biocapaciteit van de aarde vraagt¹⁴ waarmee de gha voor voedsel dus uitkomt op zo'n 0,8 gha per capita. De per capita ecologische voetafdruk bedraagt in 2017 circa 1,3 gha. Voor het SSP2-scenario (in 2050) bedraagt deze circa 1,19 gha per capita (een reductie van circa 8% ten opzichte van 2017). De waarden zijn gecorrigeerd voor bevolkingsgroei van 2017 naar 2050. Beide liggen nog ver boven de 'eerlijke grenswaarde' voor

¹³ Global Footprint Network

¹⁴ Verantwoording Voedselafdruk | Voedingscentrum

voedsel van 0,8 gha. Echter, er is te zien dat in het Beleidsscenario de ecologische voetafdruk afneemt tot circa 0,88 gha per capita (een reductie van circa 32% ten opzichte van 2017). Daarmee komt het Beleidsscenario in de buurt van de eerlijke grenswaarde van 0,8 gha per capita voor voedsel.

Het verschil met de biodiversiteitsvoetafdruk is dat voetafdrukindicatoren zoals water, nutriënten en de chemische voetafdruk niet worden meegenomen. Met name de chemische voetafdruk blijkt uit dit onderzoek van invloed te zijn op het verlies aan soortenrijkdom. Dit is een nieuw inzicht binnen de huidige retoriek waar met name verandering in landgebruik voor voedselproductie van grote invloed is op het verlies aan soorten (onder andere IPBES, 2019; Jaureguiberry et al., 2022). Sigmund et al. (2023) stellen dat vervuiling van grote invloed is op biodiversiteitsverlies, maar dat deze impact nog in weinig studies naar voren komt door onder andere gebrek aan onderzoek en het ontbreken van concrete bewijslast voor het causale verband tussen chemicaliën en soortenverlies door bijvoorbeeld de schaal en verspreiding van chemicaliën, en het tijdsverloop van gebeurtenis tot impact. Dit onderzoek draagt daarmee bij aan het vergroten van kennis van impact van het gebruik van (gevaarlijke) chemicaliën en pesticiden.

6.2 Economische effecten doorvoering Beleidsscenario

Productie en consumptiepatronen

Uit de modellering blijkt dat in het SSP2-scenario de vraag naar dierlijke producten (vlees, eieren, zuivel) aanzienlijk toeneemt, wat vervolgens leidt tot een grotere productie in de EU van dierlijke producten en granen die dienen als veevoer. De dagelijkse consumptie van huishoudens verschuift duidelijk tussen het SSP2-scenario en het beleidsscenario, met name in het aantal gekochte calorieën. Met name de voorkeur voor primair plantaardige voeding neemt sterk toe, tot 82% in Nederland, 81% in de EU26 en 58% in de rest van de wereld (ROW). Zo worden er naar verhouding meer granen, oliezaden, groenten, fruit, noten, wortelgewassen en peulvruchten geconsumeerd en minder zuivel en vleesproducten (met uitzondering van rundvlees). Dit is in lijn met de wijzigingen vanuit het EAT-Lancet-dieet, die inzet op een gezond en duurzaam dieetpatroon (Willett et al., 2019).

In het Basisjaar omvatten de primaire (voedselproductie), secundaire (voedselverwerking) en tertiaire (voedseldiensten) voedselsectoren, respectievelijk, 2%, 5% en 18% van de totale productiewaarde van alle sectoren in Nederland – in de EU is dit 1%, 4% en 18% en in de Rest van de Wereld 3%, 5% en 17% (zie figuur B9.1 in bijlage 9). Ten gevolge van de bevolkings- en inkomensgroei evenals de vooruitgang in productiviteit in de landbouw en efficiëntie van grondstofgebruik, neemt in het SSP2-scenario de productiewaarde van de voedselsectoren in Nederland toe met 47%, +41% in de EU en +80% in de Rest van de Wereld, ten opzichte van het Basisjaar (zie figuur B9.1 in bijlage 9). In het Beleidsscenario neemt, *ten opzichte van het SSP2-scenario*, de productiewaarde van de voedselsectoren in Nederland toe met 3%, terwijl deze afneemt in de EU (-1%) en de Rest van de Wereld (-1%; zie figuur B9.1 in bijlage 9). Als gevolg van de verandering in dieetvoorkeuren en het belasten van broeikasgassen, is er in Nederland en de EU een sterke afname in primaire dierlijke productie (respectievelijk -38% en -56%). Deze wordt in Nederland gecompenseerd door een toename in de waarde van primair plantaardige producten (+29%) en voedseldiensten (+4,4%).

Ten opzichte van het SSP2-scenario stijgt voor het Beleidsscenario het bruto binnenlands product (BBP) per capita in Nederland met 2%, +1% in de EU en -0% in de Rest van de Wereld (zie figuur B9.3 in bijlage 9). De werkgelegenheid in Nederland en in de Rest van de Wereld daalt licht, terwijl deze licht stijgt in de EU (zie figuur B9.4 in bijlage 9).

Daarmee heeft het Beleidsscenario geen directe negatieve gevolgen hebben voor de Nederlandse economie, maar zal deze wel leiden tot verschuivingen in productie binnen de landbouwsector.

Ecosysteemdiensten

Het belang van biodiversiteit voor het behoud van kwaliteit van ecosystemen wordt onderstreept door Dasgupta (2021). Zo stelt hij dat er een wederzijdse afhankelijkheid is tussen biodiversiteit en ecosystemen, waarbij soortenverlies dus bijdraagt aan het verlies in ecosysteemdiensten. Van deze diensten wordt veelvuldig gebruik gemaakt voor landbouwproductie, zoals bijvoorbeeld bosbouw of gebruik van schoon water of bestuivers. De weerbaarheid van de landbouwsector hangt dus ook af van de provisie van ecosysteemdiensten,

welke verbonden is aan de status van biodiversiteit (onder andere Dasgupta, 2021; IPBES, 2024).

De totale jaarlijkse waarde van ecosysteemdiensten in het Basisjaar (2017) bedraagt circa 3,8 mld. euro in Nederland en circa 162,8 mld. euro in de EU26 (zie figuur B9.5 en figuur B9.8 in bijlage 9). De waarde van ecosysteemdiensten wordt met name bepaald door de oppervlakte en type landgebruik, het inkomen per capita en de bevolkingsdichtheid. Typen ecosysteemdiensten in Nederland met de grootste totale jaarlijkse waarden zijn in het Basisjaar Regulering (2,3 mld. euro), Levering (0,95 mld. euro) en Cultureel (0,55 mld. euro); in Europa zijn dit respectievelijk 70,6 mld. euro, 55,4 mld. euro en 36,8 mld. euro. Deze worden met name geleverd door Landbouw, Bossen en Moerassen.

De totale jaarlijkse waarde van ecosysteemdiensten in het Beleidsscenario, neemt toe tot circa 5,03 mld. euro in Nederland (+0,7% *ten opzichte van het SSP2-scenario*) en tot circa 216,6 mld. euro in de EU (+1,9%; zie figuur B9.7 en B9.8 in bijlage 9). De toename in de waarde van ecosysteemdiensten wordt grotendeels bepaald door:

- de toename in inkomen per capita (respectievelijk +1% en +2% in Nederland en in de EU)
- veranderingen in landgebruik (toename Moerassen, Dorre gebieden en Bossen; afname Landbouw, Bosbouw en Grasland)
- de toename in natuurbescherming (tot doel 30% beschermd).

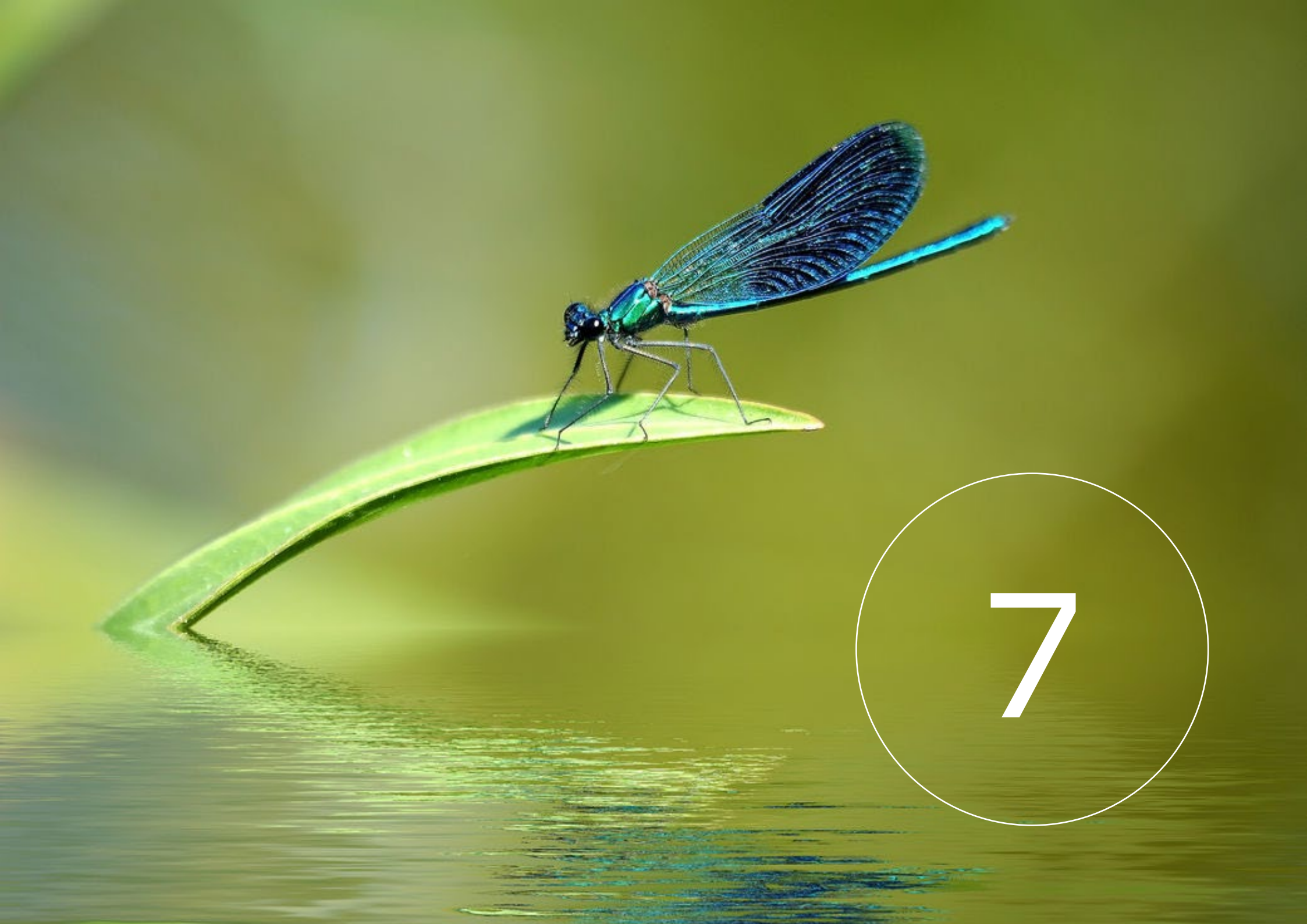
In Nederland stijgen de waarden van leverings- en culturele- ecosysteemdiensten *ten opzichte van het SSP2-scenario*, respectievelijk met +27% (tot 1,8 mld. euro; als gevolg van toename in inkomen/consumptie) en +10% (tot 0,9 mld. euro; als gevolg van toename in partiële natuurbescherming en inkomen/consumptie), terwijl de waarde van regulerings- ecosysteemdiensten daalt met -16% (tot 2,3 mld. euro; als gevolg van toename in volledige natuurbescherming). Partiële bescherming stelt de mens in staat nog grondstoffen te gebruiken uit deze gebieden, terwijl volledige bescherming het gebied 'sluit' voor menselijk gebruik.

De typen landgebruik in Nederland met de grootste totale jaarlijkse ecosysteemwaarden zijn Landbouw (2,6 mld. euro; -21% *ten opzichte van het SSP2-scenario*), Bossen (1,2 mld. euro; +91% *ten opzichte van het SSP2-scenario*) en Grasland (0,5 mld. euro; -14% *ten opzichte van het SSP2-scenario*).

In Europa stijgen de waarden van culturele- en leverings- ecosysteemdiensten respectievelijk +13% (tot 55 mld. euro; als gevolg van toename in partiële natuurbescherming en inkomen/consumptie) en +4% (tot 87,8 mld. euro; als gevolg van toename in partiële natuurbescherming en inkomen/consumptie), en neemt de waarde van regulerings- ecosysteemdiensten met -8% (tot 73,8 mld. euro; als gevolg van toename in volledige natuurbescherming) af. De typen landgebruik in Europa met de grootste totale jaarlijkse ecosysteemwaarden zijn Landbouw (101,3 mld. euro; -9% *ten opzichte van het SSP2-scenario*), Bossen (55,4 mld. euro; +11% *ten opzichte van het SSP2-scenario*) en Moerassen (23,2 mld. euro; +74% *ten opzichte van het SSP2-scenario*).

Zo is te zien dat de beleidsopties natuurbescherming (met name partiële natuurbescherming) en het stimuleren van duurzame consumptie en productie (bijvoorbeeld het EAT-Lancet-dieet en halveren voedselverspilling) met minder landgebruik met name effectief zijn in het vergroten van de ecosysteemdiensten en de daaraan gekoppelde waarden. Daarmee heeft het Beleidsscenario een positieve bijdrage aan de nettowaarde van ecosysteemdiensten, zowel in Nederland als in Europa.

Deze analyse laat zien dat er niet slechts naar één enkele indicator gekeken dient te worden wanneer beleidskeuzes gemaakt worden voor het verduurzamen van het voedselsysteem. Aan de ene kant ligt er de vraag hoe een houdbare agrarische sector te houden, gegeven de inkomens en werkgelegenheid in de sector; aan de andere kant dient er gekeken te worden naar de impact van productie en verwerking van voedsel en hoe deze factoren samenkomen.



7

7 Bevindingen en belangrijkste conclusies

De biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie is aanzienlijk en heeft gevolgen die reiken tot ver buiten onze landsgrenzen. Om deze impact te verkleinen en bij te dragen aan het herstel en behoud van biodiversiteit, is in dit onderzoek het effect van verschillende beleidsopties op de biodiversiteitsvoetafdruk geanalyseerd. Het uitgangspunt was de doelstelling om de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse Voedselconsumptie te halveren tegen 2050 ten opzichte van 2017.

Dit is gedaan aan de hand van het opstellen van een Beleidsscenario, waarin een combinatie van zes beleidsopties wordt ingezet om de biodiversiteitsvoetafdruk te reduceren:

- verandering in dieetpatronen (EAT-Lancet-richtlijnen)
- halvering van voedselverspilling (zowel consumptie als in de industrie)
- technologische vooruitgang door de gehele keten
- CO₂-heffingen op productie
- inzet op beschermd gebied (30%)
- inzet op verduurzamen herkomst van producten (Due Diligence).

De impact van het Beleidsscenario op de biodiversiteit is geanalyseerd met behulp van het Biodiversity Family Footprint Framework (BFFF). Het BFFF meet de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie aan de hand van land-, broeikasgas-, water-, nutriënten- en chemische voetafdruk.

Belangrijk om te vermelden is dat hierbij wordt uitgegaan van 100% doelbereik. Daarbij is gekeken naar zowel nationale als internationale effecten, inclusief potentiële waterbed-effecten, waarbij de impact van beleidsopties zich mogelijk verplaatsen naar andere regio's.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste inzichten uit dit onderzoek gepresenteerd. Allereerst worden de kernbevindingen besproken, gevolgd door een discussie over de mogelijke effecten van beleidsopties en de noodzaak om

een integrale set aan voetafdrukindicatoren toe te passen. Vervolgens wordt gereflecteerd op de toegepaste methodologie. Het hoofdstuk sluit af met aanbevelingen voor beleidsmakers en stakeholders die betrokken zijn bij het verminderen van de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse consumptie.

7.1 Belangrijkste inzichten

Door de invoering van het Beleidsscenario wordt een aanzienlijke reductie van de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie gerealiseerd. Ten opzichte van het Basisjaar 2017 wordt een totale reductie van ongeveer 48% bereikt.

Een nieuw inzicht uit dit onderzoek is dat de chemische voetafdruk een groot aandeel heeft in de totale impact op biodiversiteit, die voortkomt uit vervuiling door het restproduct vanuit toegepaste pesticiden in de landbouw. De omvang van de impact is namelijk vergelijkbaar met die van de landvoetafdruk, die verband houdt met de hoeveelheid land die wordt gebruikt voor de voedselproductie en bijbehorende effecten op natuurlijke ecosystemen, en die van de broeikasgasvoetafdruk. Dit is een nieuw inzicht, aangezien de wetenschappelijke literatuur doorgaans de landvoetafdruk als dominante factor in biodiversiteitsverlies beschouwt, gevolgd door broeikasgasemissies (onder andere IPBES, 2019). Dit komt ook naar voren in een recente studie door De Weert et al. (2025) waarin landgebruik en broeikasgassen de grootste bijdrage leveren aan biodiversiteitsverlies door het Nederlandse dieet.

Een mogelijke verklaring voor de vergelijkbare grootte van de chemische voetafdruk met de land- en broeikasgas-voetafdruk is dat de chemische voetafdruk het totaal aan *virtueel* watergebruik laat zien dat nodig is om de vervuiling van aangetast water uit te spoelen (zie hoofdstuk 2.3 en bijlage 7). Daarbij is het totale volume water dus groter dan het direct aangetaste volume

water. Dit is anders voor de land- en broeikasgasvoetafdruk waarbij direct grondgebruik of emissies worden gemeten. Daarnaast is er bij de chemische voetafdruk sprake van locatiegebonden verontreiniging waarvan de impact op korte termijn optreedt, terwijl dit bij de broeikasgasvoetafdruk om langetermijneffecten en grensoverschrijdende effecten gaat. Hierdoor is de ecologische impact van de vervuiling wijdverspreid en relatief direct. Desalniettemin is het een belangrijk inzicht dat de schadelijke impact van pesticiden ver reikt doordat vervuiling via water en bodemsystemen zich wijd kan verspreiden. Dit laat zien dat er in beleid aandacht moet zijn voor zowel de locatie van productie (de gebruikte oppervlakte), consumptiepatronen (vraag naar producten met hoge uitstoot), als aandacht voor de wijze van productie (intensiteit en middelengebruik).

De biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie vindt grotendeels buiten Europa plaats.

Een belangrijk effect van het Beleidsscenario is de reductie van de ecologische voetafdruk van de voedselconsumptie in Nederland. De per capita-ecologische voetafdruk bedraagt in Basisjaar 2017 nog 1,3 gha per capita, en daalt door toepassing van het Beleidsscenario tot ongeveer 0,88 gha in 2050,¹⁵ wat richting de 'eerlijke grenzen' van 0,8 gha, bestemd voor voedsel per capita, komt.

De meeste effectieve beleidsopties die bijdragen aan de reductie van de biodiversiteitsvoetafdruk zijn:

- **Verandering in dieetpatronen**

De verschuiving naar het EAT-Lancet-dieet, dat een meer plantaardig en duurzaam voedingspatroon bevordert, levert de grootste bijdrage aan het verminderen van de biodiversiteitsvoetafdruk. Dit dieet heeft niet alleen een lagere milieu-impact, maar draagt ook bij aan gezondheidswinst en een efficiënter gebruik van natuurlijke hulpbronnen.

- **Verminderen van voedselverspillingen en verliezen**

Een aanzienlijke vermindering van voedselverspilling door zowel consumenten als bedrijven leidt tot een efficiënter gebruik van grondstoffen en daarmee een afname van de biodiversiteitsvoetafdruk.

Bij de doorvoering van beleidsopties blijkt het belangrijk rekening te houden met potentiële waterbed-effecten. Wanneer bepaalde beleidsopties slechts worden geïmplementeerd op specifieke locaties, bestaat het risico dat de druk zich verplaatst naar andere regio's in plaats van dat de totale impact afneemt. Dit kan bijvoorbeeld optreden als bedrijven hun productie verleggen naar andere landen met minder strikte duurzaamheidsregels, waardoor de druk op biodiversiteit elders toeneemt (zie hoofdstuk 8 voor een reflectie op het waterbedeffect).

Invoering van het Beleidsscenario geeft geen directe negatieve gevolgen voor de Nederlandse economie, maar leidt wel tot verschuivingen in productie binnen de landbouwsector. Daarnaast levert het Beleidsscenario een positieve bijdrage aan de nettowaarde van ecosysteemdiensten, zowel in Nederland als in Europa.

7.2 Afstemming tussen schaalniveaus noodzakelijk

De locatie van elke voetafdruk kan, gepaard met het verschil in effect per individuele beleidsoptie, een indicatie geven van de beleidsinzet die nodig is om bij te dragen aan het verminderen van de biodiversiteitsimpact van voedselconsumptie.

Zo kan voedselbeleid in Nederland zich meer richten op het reduceren van broeikasgasemissies. Naast het reduceren van de vraag naar broeikasgasrijke producten (zoals vlees en zuivel), is het nodig de productie van voedsel te verduurzamen. Een stimulans om schadelijk gedrag te verminderen en flankerend beleid dat alternatief gedrag beloont zijn nodig om deze transitie in te zetten en verplaatsing van schadelijke activiteiten af te zwakken.

Het voedselbeleid in Europa zou gebaat zijn bij het reduceren van het gebruik van schadelijke gewasbeschermingsmiddelen en de uitstoot van broeikasgassen. Een uitgebreid pakket dient ingezet te worden om deze transitie te realiseren. Zo helpen technologische innovaties het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te optimaliseren en de schadelijke impact te

¹⁵ Gecorrigeerd voor bevolkingsgroei

verminderen, dienen financiële prikkels schadelijk gedrag te verminderen en positief gedrag te belonen (zowel voor gewasbeschermingsmiddelen als uitstoot van broeikasgassen vanuit de veehouderij), en moet beleid inzetten op het bieden van alternatieven zodat verplaatsing van schadelijke effecten en activiteiten beperkt wordt.

Het Nederlandse buitenlandbeleid is gebaat bij het reduceren van de landvoetafdruk buiten Europa. Door eisen te stellen aan de herkomst van producten (bijvoorbeeld Due Diligence, Beschermde gebied 30%), kan een transitie in gang gezet worden waarbij gestimuleerd wordt om producten met een lage voetafdruk te produceren en de productie van producten met een grote voetafdruk te ontmoedigen. Daarbij is het noodzakelijk om naast het aanpassen van consumptie juist in te zetten op het verduurzamen van productie en verwerking van producten om verplaatsing van effecten naar elders te voorkomen. Dit kan aan de hand van positieve financiële prikkels (bijvoorbeeld True price, certificering en Living income) die een financiële impuls bieden aan het optimaliseren van productie. Met name in ontwikkelende landen is de winst in het vergroten van de totale opbrengst groot door huidige yield gaps, grote post-harvest-verliezen en huidige en toekomstige impact van klimaatverandering op pre-harvest- en harvest-verliezen.

7.3 Een integrale set aan voetafdrukindicatoren geeft een completer beeld

Uit de resultaten blijkt dat het Beleidsscenario resulteert in een substantiële afname van zowel de omvang als de diepte van de chemische voetafdruk. Deze uitkomst bevestigt niet alleen dat een vermindering van het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen een significante bijdrage kan leveren aan biodiversiteitsherstel, maar onderstreept ook dat het toepassen van slechts één enkele indicator, zoals de ecologische voetafdruk waar de chemische voetafdruk ontbreekt, onvoldoende houvast biedt voor het ontwikkelen en monitoren van effectief beleid gericht op het terugdringen van de biodiversiteitsvoetafdruk.

Zoals besproken in hoofdstuk 2 toont de ecologische voetafdruk de impact van consumptie, maar geeft geen inzicht in de gevolgen voor biodiversiteit. Dit komt

doordat deze indicator uitsluitend de omvang (de 'grootte') van consumptie meet en niet de effecten op de kwaliteit ('diepte') van biodiversiteit.

Om de effecten van beleidsopties op biodiversiteit goed te kunnen begrijpen, is het dus essentieel om niet alleen naar de grootte van onze voetafdruk te kijken, zoals het aantal gebruikte hectares land of de hoeveelheid uitgestoten CO₂-equivalenten, maar ook naar de diepte. Dit komt omdat verschillende beleidsopties sterk uiteenlopende gevolgen kunnen hebben voor landgebruik, broeikasgasemissies en biodiversiteitsverlies (Van Oorschot et al., 2021). Bijvoorbeeld, een landbouwsysteem met hoge opbrengsten per hectare kan minder ruimte innemen, maar door intensieve methoden, zoals het toepassen van chemische bestrijdingsmiddelen, alsnog een grote negatieve impact hebben op de biodiversiteit. Omgekeerd kan een extensiever systeem meer land vereisen, maar beter samengaan met biodiversiteitsbehoud.

Wanneer we uitsluitend de ecologische voetafdruk als maatstaf hanteren, bestaat het risico dat een intensief landbouwsysteem automatisch als duurzamer wordt beschouwd dan een extensief systeem, simpelweg omdat het per geproduceerde eenheid minder land gebruikt. Dit geeft echter een onvolledig beeld, aangezien de negatieve effecten op biodiversiteit buiten beschouwing blijven.

Door het combineren van meerdere indicatoren die zowel de omvang als de intensiteit van onze voetafdruk inzichtelijk maken, zoals in dit onderzoek is aangetoond, wordt dit probleem effectief opgelost. De voetafdrukfamilie zorgt ervoor dat diverse drukfactoren op de biodiversiteit worden meegenomen in de evaluatie van de effecten van beleidsopties, waardoor deze beter kunnen worden beoordeeld. Zonder deze bredere benadering zou ten onrechte kunnen worden aangenomen dat bepaalde beleidsopties, doordat ze de landvoetafdruk verkleinen, gunstig zijn voor de biodiversiteit, terwijl ze in werkelijkheid kunnen leiden tot een toename van bijvoorbeeld de chemische voetafdruk en daarmee schadelijk kunnen zijn voor de biodiversiteit.

Door het gebruik van een voetafdrukfamilie kunnen politici en beleidsmakers integrale afwegingen maken voor de keuze van bepaalde beleidsopties en kan worden gemonitord in hoeverre verschillende beleidsdoelen worden gerealiseerd (Van Oorschot et al., 2021).

7.4 Reflectie op methodologie

Een flexibele aanpak laat ruimte voor nuances en uitzonderingen

De gekozen methode om tot het uiteindelijke Beleidsscenario te komen leent zich goed voor het identificeren van beleidsopties, die zowel effectief als uitvoerbaar zijn binnen de gegeven beleidscontext. Door een grondige literatuuranalyse die uit verschillende stappen bestaat, biedt de methode een gestructureerde aanpak om de meest relevante beleidsopties te selecteren en te evalueren.

Tegelijkertijd zijn er ook aandachtspunten. Zo kunnen niet alle beleidsopties kwantitatief worden geanalyseerd met het Biodiversity Footprint Family Framework (BFFF), wat het lastig maakt om vergelijkingen te maken tussen verschillende beleidsopties. Dit bemoeilijkt de transparantie en consistentie in de besluitvorming, vooral wanneer beleidsopties met uiteenlopende effecten en tijdshorizonnen moeten worden beoordeeld.

Het systematisch categoriseren van beleidsopties op basis van vooraf vastgestelde categorieën blijkt nuttig te zijn om meer overzicht en consistentie in de analyse te waarborgen. Tegelijkertijd zijn er uitdagingen, omdat sommige beleidsopties niet binnen bestaande categorieën passen of omdat er tegenstrijdigheden optreden binnen één categorie. Dit benadrukt de noodzaak van een flexibele aanpak die ruimte laat voor nuances en uitzonderingen.

Meer aandacht nodig voor zachte beleidsopties

Het MAGNET-model is een geschikt model voor het analyseren van beleid waar feedback-loops een effect kunnen hebben op de doeltreffendheid van het beleid. De CO₂-belasting is hier een goed voorbeeld van omdat prijseffecten ervoor zorgen dat boeren buiten de EU meer producten met een hoge CO₂-uitstoot (zoals vlees) gaan produceren.

Het MAGNET-model is gebruikt om twee types 'beleid' te analyseren. Het eerste type betreft veranderingen in de maatschappij die als kosteloos zijn gemodelleerd. Het beste voorbeeld hiervan is de voorkeur voor het EAT-Lancet-dieet. Invoering van ander type beleid heeft daadwerkelijke kosten, zoals belastingen. MAGNET is niet in staat om te modelleren wat nodig is om bepaalde doelstellingen te behalen, zoals het wijzigen van dieetvoorkeuren. Dit kan

ervoor zorgen dat 'kosteloos' beleid gunstiger blijkt dan beleid waar MAGNET wel in staat is om de kosten te modelleren.

Door modelmatige beperkingen is het niet mogelijk om 'zachte beleidsopties' mee te nemen in het beleidsscenario. Deze beleidsopties mogen echter niet worden onderschat in waarde. Ze zijn vaak cruciaal voor het beïnvloeden van gedrag en het verminderen van de druk op biodiversiteit. Effectieve communicatie kan bijvoorbeeld de acceptatie van duurzaam beleid vergroten en gedragsverandering vergroten. Het betrekken van experts in een dialoog over de rol van communicatie kan bijdragen aan een betere integratie van deze zachte beleidsopties in de ontwikkeling en implementatie van beleid.

Onzekerheden door een gebrek aan detail in het BFFF

Om de exacte biodiversiteitswaarde per locatie uit te rekenen, is een groot detailniveau vereist. Er zijn echter in ons onderzoek een aantal beperkende factoren om dit detailniveau te genereren. (1) MAGNET gaat uit van een gemiddelde in landgebruik en bepaalde type intensiteit per type gebruik (hoofdstuk 3, Fase 2), wat de daadwerkelijke impact van landgebruik op een specifieke locatie kan overschatten of onderschatten. (2) Daarnaast spelen de onzekerheden in de PDF-eenheid zoals gebruikt in het BFFF (hoofdstuk 3, Fase 3 en 4), waarbij deze uitgaat van gemiddelden voor bepaalde regio's en/of biomen. Gepaard met het ontbreken van bepaalde taxa (waarmee bijvoorbeeld niet gekeken wordt naar bodembiodiversiteit of de status van bestuivers), kan dit betekenen dat de impact van ons handelen op biodiversiteit wordt onderschat.

Daarmee zit er dus een onzekerheid in de exacte waarde van de biodiversiteitsimpact van ons handelen. De informatie uit deze rapportage zal echter nog steeds van groot belang zijn door het duiden van de verschillen in impact tussen scenario's, het duiden van de impact en richting van diverse beleidsopties en het bepalen van de orde van grootte van effecten. Door deze inzichten worden mogelijke interventiepaden en daaraan gekoppelde kansen voor Nederlands beleidsvorming blootgelegd.

Suggesties voor vervolgonderzoek

De eerdergenoemde punten tonen aan dat vervolgonderzoek nodig is om het beleidsscenario verder te verfijnen. Ten eerste is er behoefte aan methoden om

zachte beleidsopties beter te integreren in kwantitatieve modellen, of om deze op alternatieve, kwalitatief onderbouwde wijze te analyseren en naast kwantitatieve uitkomsten te plaatsen. Hierbij kan worden gedacht aan mixed-method-benaderingen waarin modeluitkomsten worden aangevuld met expertconsultaties, gedragsstudies en casestudies. Zo kan er ook aandacht zijn voor verhoudingen of tegenstrijdigheden met andere relevante beleidsthema's zoals energietransitie, woningtekort of circulaire economie.

Ten tweede is het wenselijk om meer gedetailleerde data te verzamelen over biodiversiteitswaarden, lokale contextfactoren (zoals bodemtype, waterhuishouding, klimaat, landschapsstructuur, nabijheid van natuurgebieden) en landgebruik (zoals landbouw, natuurbeheer, stedelijke ontwikkeling, infrastructuur, energievoorziening). Specifieke aandacht zou uit moeten gaan naar aanvullen van biodiversiteitsdata in de PDF-indicator met taxa zoals bodembiodiversiteit, insecten (zoals bestuivers) en marine soorten. Naast het verrijken van de PDF-indicator dient er onderzoek gedaan te worden naar de effecten van afnemende biodiversiteitswaarde op de kwaliteit van de resterende biodiversiteit. Vervolgens kan gekeken worden naar hoe deze te kwantificeren naar modelmatige aannames om zo het effect van afnemende biodiversiteit mee te nemen in de scenarioanalyses. Omdat biodiversiteit ten eerste gekoppeld is aan de lokale context dienen deze aannames bekeken te worden per regio, zoals bijvoorbeeld ook is gedaan voor de characterisation factors voor onder andere watergebruik. Dit vergt een zeer uitgebreide analyse wanneer deze aannames meegenomen dienen te worden in een mondiaal model.

Tot slot zou toekomstig onderzoek de scenarioanalyse verder kunnen uitbreiden door meerdere scenario's naast elkaar te leggen. Een belangrijke ontbrekende factor in dit onderzoek is hoe de effecten van klimaatverandering doorwerken in

het landbouwsysteem over een langere periode. Zo kunnen naast effecten van afnemende biodiversiteit ook de effecten van klimaatverandering op gewasopbrengsten en productie inzichtelijk gemaakt worden (zie bijvoorbeeld van der Esch et al., 2022). Deze zijn nodig bij het opstellen van gericht beleid: Waar moet de focus van beleid liggen op de lange termijn? Hoe kunnen we negatieve ontwikkelingen temperen of veranderen? Daarnaast dient meer aandacht gegeven te worden ter interpretatie van hoe diverse beleidsopties elkaar versterken of tegenwerken, en hoe transitiepaden eruitzien over langere tijdshorizonten. Dit vraagt om meer dynamische en iteratieve scenarioanalyses, waarin ook maatschappelijke en technologische ontwikkelingen worden meegenomen.

Hoewel onderzoeken zoals dit verder verrijkt kunnen worden, laten ze zien dat een halvering van de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie mogelijk is. Dit vraagt echter om inspanningen op verschillende niveaus, zowel economisch, technologisch en sociaal. Samenwerking tussen overheden, bedrijven en maatschappelijke organisaties is hierbij van groot belang. Door een geïntegreerde aanpak en gezamenlijke inspanning kan een duurzamer voedselsysteem worden bevorderd en een toekomst gecreëerd worden, waarin biodiversiteit beter wordt beschermd.

De noodzaak van een geïntegreerde aanpak is groot. De druk op biodiversiteit neemt toe en zonder gerichte en samenhangende actie dreigt verdere achteruitgang. Alleen door structurele samenwerking, heldere langetermijndoelen en het benutten van innovatieve oplossingen kan er worden toegewerkt naar een robuust voedselsysteem dat binnen de ecologische grenzen opereert. In het volgende hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de bouwstenen van een dergelijke aanpak en voorwaarden voor succesvolle implementatie.

topping 2,50 €
+ 2 toppings 3,20 €
3 toppings 3,90 €
0 €

take away

1/2 liter smelly + 3 toppings 6,00 €
1 liter smelly + 5 toppings 11,00 €

freezers

Lemon, coffee, orange,
strawberry
mini 2,20 €
MAXI 2,80 €
Freezing 1,50 €
Freezing 1,50 €

TM

MADAME COCOS

MADAME COCOS
HOMEMADE COCONUT PASTRY

Verse Wafels Poffertjes

STROOPWAFELS
STROOPWAFEL €0,30
SUPERWAFEL €1,30
STROOPWAFELS
MET ALLE €2,50
3 stuks €5,50

WAFEL
30
LA €1,50

8

topping

Paranoten

RESTAURANT

Délifrance

8 Vooruitblik: Een pleidooi voor integraal beleid

Om de biodiversiteitsvoetafdruk van de Nederlandse consumptie effectief te verlagen, is een integrale benadering essentieel. Dit betekent dat verduurzaming niet alleen binnen individuele sectoren moet plaatsvinden, maar dat er samenhang nodig is tussen verschillende beleidsdomeinen, beleidsopties, ketens en actoren. De noodzaak van integraal beleid wordt breed erkend (zie bijvoorbeeld IUCN NL, 2021; UNEP, 2021; IPBES, 2024).

In dit hoofdstuk wordt het belang van een integrale benadering vanuit beleid verkend door in te zoomen op een aantal cruciale thema's die voortkomen uit de resultaten van deze studie. Dit afsluitende hoofdstuk laat zien hoe deze thema's met elkaar verweven zijn en waarom een samenhangende aanpak nodig is om daadwerkelijk impact te realiseren.

8.1 Beperk het waterbedeffect: zet in op integraal beleid

De resultaten van deze studie laten zien dat individuele beleidsopties, zoals een CO₂-belasting, kunnen leiden tot een toename van zowel de land- en broeikasgasvoetafdruk. De toename doet zich met name voor buiten Europa. Dit komt doordat de belasting de productie van CO₂-intensieve producten, zoals vlees, binnen de EU minder aantrekkelijk maakt. Hogere productiekosten binnen de EU stimuleren de verplaatsing van productie naar landen zonder vergelijkbare beperkingen en met lagere kosten (Böhringer et al., 2017; Jakob, 2021; Lui et al., 2024). Als gevolg hiervan wordt het goedkoper voor Europa om uit deze regio's te importeren.

Individuele beleidsopties zoals een CO₂-belasting, kunnen er dus toe leiden dat de voetafdruk van onze voedselconsumptie op nationaal of EU-niveau afneemt, maar dat deze door import buiten de EU juist toeneemt. Dit zogenoemde

waterbedeffect betekent dat we onze voetafdruk simpelweg verplaatsen naar het buitenland, met potentieel grote gevolgen.

Een concreet voorbeeld hiervan is de verplaatsing van vleesproductie naar landen in Zuid-Amerika of Azië. In deze regio's leidt de uitbreiding van landbouwgrond voor bijvoorbeeld de productie van vlees vaak tot ontbossing. Tussen 2000 en 2010 was de veehouderij, samen met de teelt van soja en palmolie, verantwoordelijk voor maar liefst 40% van de ontbossing in de tropen (FAO en UNEP, 2020). Dit heeft vergaande gevolgen. Zo draagt ontbossing direct bij aan het verlies van biodiversiteit, verstoort lokale ecosystemen en verhoogt de CO₂-uitstoot, omdat bomen die normaal gesproken CO₂ opslaan, verdwijnen.

Naast de ecologische consequenties kunnen individuele maatregelen ook grote sociale en economische effecten teweegbrengen. Wanneer de productie van voedsel of grondstoffen naar landen buiten de EU wordt verplaatst, ontstaat er een grotere afhankelijkheid van import. Dit brengt risico's met zich mee voor de voedselzekerheid. Geopolitieke spanningen, handelsbeperkingen, grenssluitingen en protectionistische maatregelen kunnen leiden tot grotere prijsstijgingen (Tangemann, 2011). Dit maakt ons voedselsysteem kwetsbaar. De uitbraak van COVID-19 en de Russische invasie van Oekraïne hebben deze kwetsbaarheid blootgelegd. Grenssluitingen, verstoringen in toeleveringsketens en exportbeperkingen als gevolg van deze crisissen hebben geleid tot prijsstijgingen en onzekerheid binnen voedselmarkten (EC, 2023b).

Ook kan een individuele beleidsoptie zoals een CO₂-belasting de internationale concurrentiepositie van de EU verzwakken. Naast het feit dat dergelijke belastingen bedrijven kunnen aanzetten om de productie naar het buitenland te verplaatsen, zorgen de nalevingskosten van een CO₂-belasting er ook voor dat de netto-export afneemt (Jansson et al., 2024). Dit kan resulteren in economische welvaartsverliezen voor binnenlandse producten (OECD, 2021). Voor boeren betekent dit dat de productie duurder wordt. Dit kan hun verdienmodel onder druk

zetten, aangezien de landbouw opereert op een internationale markt waardoor de hogere kosten moeilijk doorberekend kunnen worden aan consumenten, terwijl buitenlandse producenten zonder dergelijke belastingen competitief blijven.

Het bovenste wil niet zeggen dat beleidsopties zoals een CO₂-belasting niet effectief kunnen zijn. Een CO₂-belasting is een van de meest kostenefficiënte beleidsopties om emissies uit bijvoorbeeld de landbouw te verminderen (OECD, 2021). Echter, om het waterbed-effect te minimaliseren is het essentieel om dit soort beleidsopties niet op zichzelf te laten staan maar in te bedden in een integrale strategie. Integraliteit wordt steeds vaker als essentieel beschouwd om grote maatschappelijke uitdagingen zoals klimaatverandering, milieuvervuilingen en biodiversiteitsverlies aan te pakken (Candel, 2019). Ook het VN-panel voor biodiversiteit en ecosysteemdiensten (IPBES) benadrukt dat integraal beleid cruciaal is voor het omkeren van biodiversiteitsverlies en het bevorderen van biodiversiteitsherstel (IPBES, 2024).

Een voorbeeld van integraal beleid is wanneer een CO₂-belasting wordt gecombineerd met beleidsopties die een duurzamer dieet stimuleren, zoals het EAT-Lancet-dieet. Dit dieet adviseert een grotere consumptie van plantaardige eiwitten en een vermindering van dierlijke producten, wat kan helpen om de vraag naar CO₂-intensieve producten van binnen en buiten de EU te verlagen. Een ander voorbeeld betreft het combineren van een CO₂-belasting met mechanismen die ook impact van geïmporteerde voedselproducten adresseren. Bestaand beleid dat hierop inspeelt is de EU-ontbossingsverordening (EUDR), zoals besproken in hoofdstuk 1. Een ander voorbeeld is het Carbon Border Adjustment Mechanism van de EU, een instrument om een prijs te zetten op koolstofuitstoot die vrijkomt bij de productie voor CO₂-intensieve goederen die de EU binnenkomen (EC, 2025). Dit zijn voorbeelden van huidig integraal beleid waarmee externaliteiten (zoals genoemde verschuivingen in waardeketens) als gevolg van nationaal beleid (deels) kunnen worden gemitigeerd.

Naast deze maatregelen is internationale samenwerking onontkoombaar, alleen al vanwege het feit dat ons voedselsysteem is ingebed in een internationale markt. Veel beleid, rond bijvoorbeeld klimaat, wordt momenteel voornamelijk op nationaal en regionaal niveau geïmplementeerd (Yu et al., 2021). Deze versnipperde aanpak leidt tot verschillen in beleidsintentie en timing tussen landen en regio's, wat het risico op het waterbedeffect vergroot, zoals eerder

geïllustreerd met de CO₂-belasting, evenals free-riding. Dit laatste ontstaat wanneer landen profiteren van emissiereducties elders zonder zelf proportioneel bij te dragen (Nordhouse, 2015).

Internationale samenwerking kan bijdragen om het waterbedeffect te minimaliseren en een eerlijker speelveld te creëren. Dit kan worden bereikt door de harmonisatie van beleid, waarbij landen afspraken maken over vergelijkbare beleidsinstrumenten en emissiereductiedoelen. Ook gezamenlijke investeringen in onderzoek en ontwikkeling van schone technologieën kunnen helpen om wereldwijde emissiereducties te realiseren zonder economische ongelijkheid te vergroten. Ondanks de politieke en economische uitdagingen die gepaard gaan met internationale samenwerking, vormt een gecoördineerde aanpak een van de meest effectieve strategieën om de biodiversiteitsvoetafdruk te reduceren.

8.2 Innovatie als sleutel, naar niet als enige oplossing: Combineer technologie met breder beleid

Innovaties kunnen bijdragen aan het realiseren van het Beleidsscenario zoals opgesteld in dit onderzoek, bijvoorbeeld door de efficiëntie in de primaire sector te verbeteren. Met technologische innovaties zoals satellietnavigatie, GIS, drones en sensoren kunnen boeren gedetailleerde informatie verzamelen over bodem, weer, gewasgroei en andere belangrijke parameters om bedrijfsprocessen te optimaliseren (LNV, 2024). Veelhouders kunnen hun broeikasemissies verminderen en de uitspoeling van nutriënten beperken met innovaties zoals voederadditieven, luchtwassers en precisiebemesting (Ros et al., 2025).

In de discussie over het verduurzamen van de landbouw worden innovaties zoals deze vaak als oplossing gezien. Zo putten boerenorganisatie veel hoop uit innovaties als oplossing voor de stikstofcrisis (NOS, 2022). Ook het hoofdlijnenakkoord 2024-2028 legt de nadruk op innovatie als oplossing om uit de stikstofcrisis te komen (PBL, 2024). Ook in het SSP2-scenario laten onze resultaten een aanzienlijke reductie van de biodiversiteitsvoetafdruk zien, onder de aanname dat technologische ontwikkelingen plaatsvinden en volledig worden geïmplementeerd. Vooral in landen in Sub-Sahara Afrika, Latijns-Amerika en

Zuidoost-Azië is gerekend met een substantiële technologische vooruitgang, in de orde van 20 tot 35%. Om dergelijke verbeteringen te realiseren, met name binnen de primaire sector waarin veel kleinschalige boeren actief zijn, is er gericht beleid nodig. Cruciaal daarbij is dat innovaties de boeren daadwerkelijk bereiken, en dat zij over voldoende kennis en middelen beschikken om deze technologieën te adopteren. In de huidige situatie zijn daar nog aanzienlijke inspanningen voor nodig om deze groei te bewerkstelligen: denk bijvoorbeeld aan de huidige yield-gaps. Internationale samenwerking en gerichte investeringen in technologische ontwikkeling en adoptie in deze regio's zijn daarom essentieel.

Ondanks het belang van innovaties, kunnen ze niet als de enige oplossing worden beschouwd, vooral niet gezien de omvang van de uitdagingen die er liggen rond klimaat, milieu en biodiversiteit. Neem bijvoorbeeld bevolkingsgroei. In het komende decennium zal de mondiale bevolkingsgroei naar verwachting leiden tot een stijging van de wereldwijde consumptie van vlees, zuivel en granen met respectievelijk 6,9%, 6,1% en 8,5% (OECD/FAO, 2023). Gelijktijdig moet de voetafdruk van onze voedselconsumptie drastisch worden verlaagd om verdere ecologische schade te voorkomen. Gezien de omvang van deze tegenstrijdige uitdagingen benadrukken veel deskundigen dat alleen innovatie niet voldoende is (zie bijvoorbeeld Assadourain, 2010; Smart, 2010; Garnett, 2011). Bovendien is het te riskant om volledig te vertrouwen op technologische innovaties, omdat deze mogelijk te laat komen, onvoldoende effect hebben om zelfs helemaal uitblijven (De Bakker en Dagevos, 2011). Een voorbeeld van het laatste betreft emissiearme stalsystemen, zoals emissiearme vloeren en luchtwassers, die de stikstofuitstoot moeten reduceren. Uit onderzoek van de WUR (2023) blijkt dat dit soort installaties minder goed werken dan gedacht (Groenestein et al., 2023). Een WUR-onderzoek uit 2025 toont aan dat de emissiedoelen op het gebied van ammoniak en broeikasgassen gehaald kunnen worden, onder voorwaarde dat alle beschikbare innovaties in de veehouderij worden toegepast en alle boeren ook daadwerkelijk meedoen. De auteurs benadrukken echter dat volledige implementatie lastig is en stellen dat naast technologische innovaties ook andere ingrepen, zoals extensivering, noodzakelijk zijn om de emissiereductie te realiseren (Ros et al., 2025).

Naast aanvullende maatregelen in de primaire sector, zoals extensivering, benadrukken veel onderzoeken dat ook verderop in de keten actie nodig is (De Bakker en Dagevos, 2011). Naast innovatie moet ook consumptiegedrag

worden meegenomen (zie bijvoorbeeld Roberts, 2009; Assadourain, 2010; Smart, 2010; Garnett, 2011).

Innovaties kunnen dus een sleutelrol spelen in het verlagen van onze voetafdruk, maar vormen slechts een deel van de totale oplossing. Om onze voetafdruk effectief te verkleinen, moeten innovaties geïntegreerd worden in bredere strategische benaderingen die zowel technologische vooruitgang als beleidsmatige, economische en sociale aspecten omvatten, denk bij dat laatste aan bijvoorbeeld gedragsverandering bij zowel producenten als consumenten.

8.3 Stimuleer gedragsverandering vanuit een systeembenadering

De resultaten uit dit onderzoek tonen dat met behulp van de beleidsopties opgenomen in het Beleidsscenario (zie hoofdstuk 4 voor een overzicht van de beleidsopties) een halvering van de voetafdruk bereikbaar is. Maar het is belangrijk om te erkennen dat de benodigde beleidsopties gepaard gaan met ingrijpende gedragsveranderingen die niet makkelijk zijn om te realiseren.

Neem bijvoorbeeld een overstap naar het EAT-Lancet-dieet. De literatuur over de positieve impact van een dieetverandering op onze voetafdruk is omvangrijk. Een groot aantal onderzoeken stelt vast dat de consumptie van minder vlees en meer plantaardige alternatieven een grote bijdrage kan leveren aan het verlagen van onze voetafdruk (zie bijvoorbeeld Sáez-Almendros et al., 2013; Pradhan et al., 2013; Tilman en Clark, 2014; Poore en Nemecek, 2018; Marinova en Bogueva, 2018). De meeste studies verkennen het potentieel van het EAT-Lancet dieet door aan te nemen dat mensen zich het complete dieet eigen maken. De keuze voor specifieke (beleids)interventies bepaalt echter in belangrijke mate de omvang van de dieetverandering en de economische, ecologische en sociale impact daarvan (Kuiper et al., 2025). Studies die dergelijke interventies expliciet maken leggen meestal de nadruk op de betaalbaarheid van het dieet en het optimaliseren van de voedingswaarde ervan, maar laten andere bepalende factoren van voedselkeuze zoals cultureel belang, gemak, beschikbaarheid en gewoontes onderbelicht (Kuiper et al., 2025; Yin et al., 2020; Payró et al., 2024).

Omdat factoren zoals cultureel belang en gewoontes diepgeworteld zijn, heeft eetcultuur een grote invloed op voedselkeuzes en is verandering niet eenvoudig (Yin et al., 2020). Zo heeft vlees voor mensen een sterke culturele betekenis (Graça en Oliveira, 2014; Stroll-Kleeman en Schmidt, 2017; Hielkema en Lund, 2021) wat een belemmering kan vormen voor het verminderen van vleesconsumptie (Yin et al., 2020) en een overgang naar een meer plantaardig dieet. Het veranderen van eetcultuur vergt dus ook sociaaleconomische en culturele verandering (Muilwijk et al., 2019). Strategieën die hier volledig aan voorbijgaan lopen het risico op weerstand en beperkte effectiviteit.

Het veranderen van een eetcultuur is lastig, maar het is zeker niet onmogelijk (Godfray et al., 2018). De vraag is alleen hoe? Ook hier ligt de sleutel deels bij een integrale aanpak. Zoals benoemd wordt eetcultuur gevormd door bevolking, voedselproductie, handel, koopgedrag, eetgewoonten en tradities (Yin et al., 2020). Dit betekent dat onze eetcultuur niet alleen door voedselbeleid gericht op de consument wordt beïnvloed, maar ook door beslissingen in andere beleidsdomeinen, zoals landbouw, economie en ruimtelijke ordening. Deze bepalen mede welk voedsel waar beschikbaar is en tegen welke prijs. Om tegenstrijdige prikkels te voorkomen – zoals subsidies voor intensieve landbouw die vleespijzen kunstmatig laag houden, terwijl duurzaamheidsbeleid juist minder vleesconsumptie stimuleert – is afstemming tussen verschillende beleidsdomeinen essentieel (Westhoek et al., 2013; De Krom et al., 2020).

Het belang van een integrale aanpak komt ook naar voren in een studie door Kuiper et al. (2025), waarin verschillende beleidsopties voor de overgang naar het EAT-Lancet dieet worden verkend. De auteurs concluderen dat geen enkele individuele beleidsoptie, zoals informatiecampagnes, het volledige dieet in één keer kan veranderen. Dit wijst erop dat een combinatie van interventies noodzakelijk is voor het bereiken van de gewenste dieetverandering. Daarnaast laat deze studie zien dat een combinatie van belastingen en subsidies een gezonder dieet tegen lagere kosten mogelijk kunnen maken. Belastingen zijn effectief in het reduceren van broeikasgasuitstoot en kunnen middelen opleveren voor subsidies op producten die juist meer geconsumeerd zouden moeten worden. Tegelijkertijd kunnen ze extensivering van de landbouw stimuleren, waardoor meer grond nodig is. Dergelijke trade-offs dienen meegenomen te worden in het opstellen van een integrale aanpak. Verder geldt dat maatregelen die zich enkel richten op consumentengedrag ketenpartijen

geen prikkel geven om productiemethodes aan te passen, terwijl een belasting op bijvoorbeeld broeikasgasuitstoot dat wél doet.

Om tot goede afstemming te komen, moet ook de rol van ketenpartijen dus goed worden ingebed in beleid. Het voedselsysteem heeft een cruciale maatschappelijke functie, met publieke belangen zoals voldoende, betaalbaar en duurzaam geproduceerd voedsel. Het waarborgen van deze publieke belangen is in eerste plaats een verantwoordelijkheid van de overheid. Tegelijkertijd is de overheid sterk afhankelijk van ketenpartijen om een transitie naar duurzamere diëten te realiseren (Westhoek et al., 2013). Neem bijvoorbeeld supermarkten. Ongeveer twee derde van ons voedsel kopen we in de supermarkt. Door middel van reclame, aanbiedingen en winkelinrichting beïnvloeden supermarkten onze aankoopkeuzes. Bovendien hebben supermarkten niet alleen invloed op consumenten, maar ook op producenten, aangezien zij grootschalig voedingsproducten inkopen en zo de productieketen kunnen sturen (RVS, 2024). Dit maakt supermarkten een cruciale schakel op weg naar een duurzamer dieet.

Gezien het publieke belang van ons voedselsysteem en het feit dat de overheid niet alles zelf kan doen, is het haar rol om ketenpartijen te ondersteunen en te stimuleren om bij te dragen aan het realiseren van publieke belangen binnen de voedselvoorziening. Dit omvat het verstrekken van informatie, het verlenen van subsidies, het bijdragen aan kennisontwikkeling en het wegnemen van belemmerende regelgeving. De overheid moet daarnaast bereid zijn om regulerende beleidsopties in te zetten (Westhoek et al., 2013). Zo kan ze gedragsverandering afdwingen door middel van wet- en regelgeving, zoals duurzaamheidsnormen of belastingen.

Om dit soort beleidsopties daadwerkelijk effectief in te zetten, zijn een langetermijnvisie en heldere doelen vanuit de overheid noodzakelijk. Dit geeft ketenpartijen richting en helpt om betrokken partijen te mobiliseren (Muilwijk et al., 2019). Westhoek et al. (2013) benadrukken dat deze doelen overkoepelend moeten zijn, zodat er ruimte blijft voor duurzame ontwikkelingen en innovaties binnen verschillende maatschappelijke opvattingen. Echter, vaak ontbreekt het aan duidelijke, consistente visies. Ketenpartijen ervaren een gebrek aan duidelijkheid en hebben behoefte aan heldere kaders (Schuttelaar en Partners, 2013; Jellema et al., 2025). Een consistente langetermijnvisie kan bedrijven houvast bieden bij het maken van strategische keuzes, investeringen in duurzaamheid stimuleren en samenwerking in de keten bevorderen.

Bronnen en literatuur

- Abell, R., M.L. Thieme, C. Revenga, M. Bryer, M. Kottelat, N. Bogutskaya, B. Coad, N. Mandrak, S. Contreras Balderasm W, Bussing, M.L.J. Stiassny, P. Skelton, G.R. Allen, P. Unmack, A. Naseka, R. Ng, N. Sindorf, J. Robertson, R. Armijo, J.V. Higgins, T.J. Heibel, E. Wikramanayake, D. Olson, H.L. López, R.E. Reis, J.G. Lundberg, M.H. Sabaj Pérez, P. Petry, 2008. Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. *BioScience* 58(5): 403-414.
- Assadourian, E., 2010. The rise and fall of consumer cultures. In Worldwatch Institute (Ed.), *State of the world 2010: Transforming cultures from consumerism to sustainability*. London, Earthscan.
- Bakker, E. de, H. Dagevos, 2011. Reducing Meat Consumption in Today's Consumer Society: Questioning the Citizen-Consumer Gap. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 25: 877-894.
- Balvanera, P., S. Jacobs, H. Nagendra, P. O'Farrell, P. Bridgewater, E. Crouzat, N. Dendoncket, S. Goodwin, K.M. Gustafsson, A.N. Kadykalo, C.B. Krug, F. Ayaviri Matuk, R. Pandit, J.E. Sala, M. Schröter, C.L. Washbourne, 2020. The science-policy interface on ecosystems and people: challenges and opportunities. *Ecosystems and People* 16(1).
- Benton, T.G, C. Bieg, H. Harwatt, R. Pudasaini, L. Wellesley, 2021. *Food system impacts on biodiversity loss – Three levers for food system transformation in support of nature*. The Royal Institute of International Affairs Chatham House.
- Blanco-Zaitegi, G., I.Á. Etxeberría, J.M. Moneva, 2022. Biodiversity accounting and reporting: A systematic literature review and bibliometric analysis. *Journal of Cleaner Production* 371, 133677.
- Böhringer, C., K.E. Rosendahl, H.B. Storrøsten, 2017. Robust policies to mitigate carbon leakage. *Journal of Public Economics* 149: 35-46.
- Brander, L., 2013. Guidance manual on value transfer methods for ecosystem services. Nairobi, Kenya, Ecosystem Services Economics Unit, United Nations Environment Programme (UNEP), p. 69.
- Burgass, M.J., B.S. Halpern, E. Nicholson, E.J. Milner-Gulland, 2017. Navigating uncertainty in environmental composite indicators. *Ecological Indicators*, 75: 268-278.
- Campbell, B.M., D.J. Beare, E.M. Bennett, J.M. Hall-Spencer, J.S.I. Ingram, F. Jaramillo, R. Ortiz, N. Ramankutty, J.A. Sayer, D. Shindell, 2017. Agriculture production as a major driver of the earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4).
- Candel, J., 2019. The expediency of policy integration. *Policy Studies* 42(4).
- CBD, 2022. *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework*. Convention on Biological Diversity, United Nations Environmental Programme. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf>
- Chaudhary, A., T. Kastner, 2016. Land use biodiversity impacts embodied in international food trade. *Global Environmental Change* 38: 195-204.
- Chaudhary, A., T.M. Brooks, 2018. Land Use Intensity-Specific Global Characterization Factors to Assess Product Biodiversity Footprints. *Environmental Science & Technology* 52(9): 5094-5104. doi:10.1021/acs.est.7b05570
- Chouchane, H., T. van der Werf, M. Christoforidou, P. van Oel, P. Roebeling, N. Polman, 2025. Biodiversity impact assessment using the biodiversity footprint family framework. *Cleaner Environmental Systems*: under review.
- Dasgupta, P., 2021. *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. London, HM Treasury.
- Duarte, C.M., S. Agusti, E. Barbier, G.L. Britten, J.C. Castilla, J.P. Gattuso, R.W. Fulweiler, T.P. Hughes, N. Knowlton, C.E. Lovelock, H.K. Lotze, M. Predragovic, E. Poloczanska, C. Roberts, B. Worm, 2020. Rebuilding marine life. *Nature* 580: 39-51.
- EC, 2020a. *EU Biodiversity Strategy for 2030 – Bringing nature back into our lives*. Brussels, European Commission.
- EC, 2023a. *Regulation on Deforestation-free Products*. European Commission. https://environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation/regulation-deforestation-free-products_en

- EC, 2023b. *Drivers of food security*. Brussels, European Commission.
- EC, 2024a. *Corporate sustainability due diligence*. European Commission. https://commission.europa.eu/business-economy-euro/doing-business-eu/sustainability-due-diligence-responsible-business/corporate-sustainability-due-diligence_en
- EC, 2024b. *Nature Restoration Law*. European Commission. https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-law_en
- EC, 2025. *Carbon Border Adjustment Mechanism*. Brussels, European Commission. https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
- Esch, S. van der, A. Sewell, M. Bakkenes, J. Doelman, E. Stehfest, C. Langhans, A. Bouwman, B. ten Brink, E. Berkhout, L. Fleskens, 2022. *The global potential for land restoration: Scenarios for the Global Land Outlook 2*. Planbureau voor de leefomgeving, Den Haag, 2022. Publicatienummer 4816.
- FAO, UNEP, 2020. *The State of the World's forests 2020. Forest, biodiversity, and people*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Filyunshkina, A., H. Ryu, A.N. Kadykalo, R. Murali, C.S. Campagne, C.L. Washbourne, S. Peter, N. Saidi, T. Sarzynski, P.F. Pisa, G. Ávila-Flores, T. Amiar, 2022. Engaging at the science-policy interface as an early-career researcher: experiences and perceptions in biodiversity and ecosystem service research. *Ecosystems and People* 18(1): 397-409.
- Froese, R., D. Pauly, 2024. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (10/2024).
- Garnett, T., 2011. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain). *Food Policy* 36: 23-32.
- Gerten, D., V. Heck, J. Jägermeyr, B.L. Bodirsky, I. Fetzer, M. Jalava, M. Kummu, W. Lucht, J. Rockström, S. Schaphoff, S. Schaphoff, H.J. Schellnhuber, 2020. Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. *Nature Sustainability* 3(3): 200-208.
- Godfray, H.C.J., P. Aveyard, T. Garnett, J.W. Hall, T.J. Key, J. Lorimer, R.T. Pierrehumbert, P. Scarborough, M. Spingmann, S.A. Jebb, 2018. Meat consumption, health, and the environment. *Science* 361(6399).
- Graça, J., M.M. Calheiros, A. Oliveira, 2014. Moral disengagement in harmful but cherished food practices? An exploration into the case of meat. *Journal of Agricultural & Environmental Ethics* 27: 749-765.
- Groenestein, K., P.W. Goedhart, C. van Bruggen, I. de Jonge, N. Ogink, 2023. *Schatting van stikstofverliezen uit stallen op basis van de stikstof-fosfaat verhoudingen in afgevoerde mest*. Wageningen, Wageningen Livestock Research.
- Gustafson, A., R.E. Rice, 2020. A review of the effects of uncertainty in public science communication. *Public Understanding of Science* 29(6): 614-633.
- Haila, Y., K. Henle, 2014. Uncertainty in biodiversity science, policy and management: a conceptual overview. *Nature Conservation* 8: 27-43.
- Hanafiah, M.M., M.A. Xenopoulos, S. Pfister, R.S.E.W. Leuven, M.A.J. Huijbregts, 2011. Characterization Factors for Water Consumption and Greenhouse Gas Emissions Based on Freshwater Fish Species Extinction. *Environmental Science & Technology* 45(12): 5272-5278.
- Hauschild M., 2007. GM-troph: A low data demand ecotoxicity effect indicator for use in LCIA (13+3pp). *The International Journal of Life Cycle Assessment* 12: 79-91.
- Hielkema, M.H., T.B. Lund, 2021. Reducing meat consumption in meat-loving Denmark: Exploring willingness, behavior, barriers and drivers. *Food Quality and Preference* 93.
- Hoekstra, A.Y., A.K. Chapagain, M.M. Aldaya, M.M. Mekonnen (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London: Earthscan (Routledge). ISBN 978-1849712798; 203 pages.
- Hove, S. van den, 2007. A rationale for science-policy interfaces. *Futures* 39(7): 807-826.
- Igos, E., E. Benetto, R. Meyer, P. Baustert, B. Othoniel, 2019. How to treat uncertainties in life cycle assessment studies?. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 24: 794-807.
- IPBES, 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPBES, 2024. *Summary for Policymakers of the Thematic Assessment Report on the Underlying Causes of Biodiversity Loss and the Determinants of Transformative Change and Options for Achieving the 2050 Vision for Biodiversity of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, IPBES secretariat.

- IUCN, 2013. *Spatial Data Download*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
<https://www.iucnredlist.org/resources/spatial-data-download>
- IUCN NL, 2021. *A compass for navigating the world of biodiversity footprinting tools: An introduction for companies and policy makers*. Amsterdam, The National Committee of the Netherlands of the International Union for the Conservation of Nature.
- Jakob, M., 2021. Why carbon leakage matters and what can be done against it. *One Earth* 4(5): 609-614.
- Jansson, T., N. Malmström, H. Johansson, H. Choi, 2024. Carbon taxes and agriculture: the benefit of a multilateral agreement. *Climate Policy* 24(1): 13-25.
- Jaureguiberry, P., N. Titeux, M. Wiemers, D.E. Bowler, L. Coscieme, A.S. Golden, C.A. Guerra, U. Jacob, Y. Takahashi, J. Settele, S. Díaz, Z. Molnán, A. Purvis., 2022. The direct drivers of recent of global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances* 8(45).
- Jellema, A., F. Meulman, W. in 't Veld, C. Wattel, C. De Lauwere, 2025. *Kracht bijzetten – De rol van ketenpartijen rondom de melkveehouderij in de transitie naar duurzamere landbouwsystemen*. Wageningen, Wageningen, Social & Economic Research.
- Kier, G., J. Mutke, E. Dinerstein, T. Ricketts, W. Kuper, H. Kreft, W. Barthlott, 2005. Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. *Journal of Biogeography* 32(7): 1107–1116.
- Koch, J., M. Leimbach, 2023. SSP economic growth projections: Major changes of key drivers in integrated assessment modelling. *Ecological Economics* 206, 107751.
- Krom, M. de, M. Vonk, H. Muilwijk, 2020. *Voedselconsumptie veranderen: bouwstenen voor beleid om verduurzaming van eetpatronen te stimuleren*. Den Haag, Planbureau van de Leefomgeving.
- Kuiper, M., T. de Lange, W.J. van Zeist, H. van Meijl, 2025. How the shift to healthier and more sustainable diets is made affects the scope for diet change and its environmental, and distributional outcomes - a global modelling study with the MAGNET model. *Artikel in voorbereiding*.
- Leclère, D., M. Obersteiner, M. Barrett, S.H.M. Butchart, A. Chaudhary, A. De Palma, F.A.J DeClerck, M. Di Marco, J.C. Doelman, M. Dürauer, R. Freeman, M. Harfoot, T. Hasegawa, S. Hellweg, J.P. Hilbers, S.L.L. Hill, F. Humpeöder, N. Jennings, T. Krisztin, G.M. Mace, H. Ohashi, A. Popp, A. Purvis, A.M. Schippers, A. Tabeau, H. Vali, H. van Meijl, W.J. van Zeist, P. Visconti, R. Alkemade, R. Almond, G. Bunting, N.D. Burgess, S.E. Cornell, F. Di Fulvio, S. Ferrier, S. Fritz, S. Fuijiori, M. Grooten, T. Harwood, P. Havlík, M. Herrero, A.J. Hoskins, M. Jung, T. Kram, H. Lotze-Campen, T. Matsui, C. Meyer, D. Nel, T. Newbold, G. Schmidt_Traub, E. Stehfest, B.B.N. Strassburg, D.P. van Vuuren, C. Ware, J.E.M. Watson, W. Wu, Young, L., 2020. *Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy*. *Nature* 585: 551-556.
- LNv, 2019. *Appreciatie IPBES-rapport en aankondiging interdepartementaal programma Versterken Biodiversiteit, DGNVLG/19223509*. Den Haag, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- LNv, 2024. *Innovatie en perspectief voor de landbouw*. Den Haag, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Lui, S.J., J. Li, D. Wu, X. Zhu, X. Long Xu, 2024. Risk spillovers of carbon emissions in international trade: the role if disembodied technology communication. *Humanities & Social Sciences Communications* 11.
- LVVN, 2024a. *Kamerbrief Terugkoppeling 16e Conferentie van Partijen VN-Biodiversiteitsverdrag*. Den Haag, Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur.
- LVVN, 2024b. *Hoofddijnen inzet op stikstofemissiereductie*. Den Haag, Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur.
- LVVN, 2024c. *Kamerbrief Beleidsagenda Natuur*. Den Haag, Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur.
- LVVN, 2025. *Nationaal Biodiversiteit Strategie & Actieplan Nederland 2025-2030: De Nederlandse inzet op de 23 actiedoelen van het Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework*. Den Haag, Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, 25 maart 2025.
- Magalhães-Filho, L., P. Roebeling, M. Bastos, W. Rodrigues, G. Ometto, 2021. A global meta-analysis for estimating local ecosystem service value functions. *Environments* 8:76.
- Magalhães-Filho, L., P. Roebeling, S. Villasante, M. Bastos, 2022a. Ecosystem services values and changes across the Atlantic coastal zone: considerations and implications. *Marine Policy* 145: 105265.
- Magalhães-Filho, L., P. Roebeling, L. Costa, L. de Lima, 2022b. Ecosystem services values at risk in the Atlantic coastal zone due to sea-level rise and socioeconomic development. *Ecosystem Services* 58: 101492.

- Marinova, D., D. Bogueva, 2019. Planetary health and reduction in meat consumption. *Sustainable Earth* 2.
- Meijl, H. van, A. Tabeau, E. Stehfest, J. Doelman, P. Lucas, 2020. How food secure are the green, rocky and middle roads: food security effects in different world development paths. *Environmental Research Communications* 2(3).
- Muilwijk, H., H. Huitzing, M. de Krom, A.G. Prins, M. Vonk, H. Westhoek, 2019. *Dagelijkse kost. Hoe overheden, bedrijven en consumenten kunnen bijdragen aan een duurzaam voedselsysteem*. Den Haag, Planbureau van de Leefomgeving.
- Mulneh, M.G. (2021). Impact of climate change on biodiversity and food security: a global perspective—a review article. *Agriculture & Food Security* 10(1): 1-25.
- Nordhouse, W., 2015. Climate Clubs: Overcoming Free-riding in International Climate Policy. *American Economic Review* 105(4): 1339-1370.
- NOS, 2022. *Richten boeren hun hoop ten onrechte op stikstof-innovaties?* NOS, 3 september. <https://nos.nl/nieuwsuur/collectie/13901/artikel/2443144-richten-boeren-hun-hoop-ten-onrechte-op-stikstof-innovaties>
- OECD, 2021. *Carbon leakage and agriculture: A literature review on emissions mitigation*. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Oorschot, M. van, H. Wilting, D. Nijdam, H. Bredenoord en A. Bregman, 2021. *Halveren van de Nederlandse voetafdruk: reflectie op een nieuwe ambitie voor het Nederlandse nationale en internationale natuurbesluit*. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-halveren-van-de-nederlandse-voetafdruk-4270.pdf>
- Oorschot, M. van, T. Rood, E. Vixseboxse, H. Wilting, S. van der Esch, 2012. *De Nederlandse voetafdruk op de wereld: hoe groot en hoe diep?* Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving.
- Pais-Barbosa, J., A.M. Ferreira, M. Lima, L. Magalhães-Filho, P. Roebeling, C. Coelho, 2023. Cost-benefit analysis of artificial nourishments: Discussion of climate change adaptation pathways at Ovar (Aveiro, Portugal). *Ocean & Coastal Management* 2023(244): 106826.
- Payró, C., O. Taherzadeh, M. van Oorschot, J. Koch, S. Marselis, 2024. *Consumer resistance diminishes environmental gains of dietary change*. *Environmental Research Letters*, Volume 19, Number 5. DOI 10.1088/1748-9326/ad3c57
- PBL, 2024. *Reflectie PBL op het hoofdlijnenakkoord 2024-2028. Achtergrondnotitie onderdeel Landbouw en natuur*. Den Haag, Planbureau voor de leefomgeving.
- Poore, J., T. Nemecek, 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360(6392): 987-992.
- Pradhan, P., D.E. Reusser, J.P. Kropp, 2013. Embodied greenhouse gas emission in diets. *PLOS One* 11(7).
- Rijksoverheid, 2024. *Beleidskompas*. <https://www.kcbr.nl/beleid-en-regelgeving-ontwikkelen/beleidskompas/3-wat-zijn-opties-om-het-doel-te-realiseren/31-beleidsinstrumenten/organisatie/externe-verzelfstandiging>
- Roberts, P., 2009. *The end of food: The coming crisis in the world food industry*. London, Bloomsbury.
- Roebeling, P.C., N. Polman, S. Reinhard, H. Chouchane, W. Rossi-Cervi, D. Oudendag, W. Hennen, W.J. van Zeist, M. van Eupen, S. Los, P. van Oel, M. Christoforidou, T. van der Werf, 2025a. *Cost-effectively reducing the size and depth of the Dutch consumption footprint: Developing the KOEVOET approach with an application to the case of the sugar sector*. Wageningen, Wageningen Social & Economic Research.
- Roebeling, P., N. Polman, H. Chouchane, W.J. van Zeist, A.N. Walker, G. Actis-Grosso, C. de Vries, A. Jellema, 2025b. Assessing primary and secondary impacts of footprint reduction policies using an integrated CGE and family footprint approach. *Journal of Environmental Management*: submitted.
- Ros, G.H., H. Kager, G. Boom, W. de Vries, 2025. *Verkenning effecten landbouwinnovaties. Potentieel van landbouwinnovaties om emissies van ammoniak en broeikasgassen naar de lucht en verliezen van nutriënten naar het water te verlagen*. Wageningen, Wageningen Universiteit.
- RVS, 2024. *Gezond in de bonus – Via supermarkten betere voeding stimuleren*. Den Haag, Raad voor Volksgezondheid en Samenleving.
- Schuttelaar & Partners, 2013. *Verduurzaming in de Nederlandse levensmiddelenketen*. Den Haag, Schuttelaar & Partners.
- Sigmund, G., M. Ågerstrand, A. Antonelli, T. Backhaus, T. Brodin, M.L. Diamond, ... K.J. Groh, 2023. Addressing chemical pollution in biodiversity research. *Global Change Biology* 29(12): 3240-3255.
- Smart, B., 2010. *Consumer society: Critical issues and environmental consequences*. London, Sage.

- Stroll-Kleeman, U.J. Schmidt, 2017. Reducing meat consumption in developed and transition countries to counter climate change and biodiversity loss: a review of influence factors. *Regional Environmental Change* 17: 1261-1277.
- Springmann, M., M. Clark, D. Mason-D'Croz, K. Wiebe, B.L. Bodirsky, L. Lassaletta, W. de Vries, S.J. Vermeulen, M. Herrero, K.M. Carlson, J. Rockström, W. Willett, 2018. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature* 562: 519-525.
- Sáez-Almendros, S., B. Obrador, A. Bach-Faig, L. Serra-Majem, 2013. Environmental footprints of Mediterranean versus Western dietary patterns: beyond the health benefits of the Mediterranean diet. *Environmental Health* 12.
- Tangermann, S., 2011. *Risk Management in Agriculture and the Future of the EU's Common Agricultural Policy*. Geneva, International Centre for Trade and Sustainable Development.
- Tilman, D., C. Michael, 2014. Global diets links environmental sustainability and human health. *Nature* 515: 518-522.
- UNEP, 2021. *Making Peace with Nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies*. Nairobi, United Nations Environment Programme.
- Vanham, D., A. Leip, A. Galli, T. Kastner, M. Bruckner, A. Uwizye, K. van Dijk, E. Ercin, C. Dalin, M. Brandão, S. Bastianoni, K. Fang, A. Leach, A. Chapagain, M. van der Velde, S. Sala, R. Pant, L. Mancini, F. Monforti-Ferrario, G. Carmona-Garcia, A.Y. Hoekstra, 2019. Environmental footprint family to address local to planetary sustainability and deliver on the SDGs. *Science of The Total Environment*, 693.
- Verweij, P., A. Cormont, K. Kok, M. van Eupen, S. Jansen, J. te Roller, W. de Winter, M. Pérez-Soba, I.G. Staritsky, 2018. Improving the applicability and transparency of land use change modelling: The iCLUE model. *Environmental Modelling & Software* 108: 81-90.
- Veronesi, F., S. Hellweg, A. Antón, L.B. Azevedo, A. Chaudhary, N. Cosme, S. Cucurachi, L. de Baan, Y. Dong, P. Fantke, L. Golsteijn, M. Hauschild, R. Heijungs, O. Joliet, R. Juraske, H. Larsen, A. Laurent, C.L. Mutel, M. Margni, M. Núñez, M. Owsianiak, S. Pfister, T. Ponsioen, P. Preiss, R.K. Rosenboom, P.O. Roy, S. Sala, Z. Steinmann, R. van Zelm, R. Van Dingenen, M. Viera, M.A.J. Huijbregts, 2020. LC-IMPACT: A regionalized life cycle damage assessment method. *Journal of Industrial Ecology* 24(6): 1201-1219.
- Vries, C. de., A. Jellema, N. Polman, P. Roebeling, 2025. *Beleidsopties voor vermindering van de biodiversiteitsvoetafdruk; Achtergronddocument voor het rapport Effectief beleid om de Nederlandse biodiversiteitsvoetafdruk te halveren*. Wageningen, Wageningen Social & Economic Research, Rapport 2025-094.
- Xenopoulos, M.A., Lodge, D.M., Alcamo, J., Märker, M., Schulze, K., Vuuren, D.P. van, 2005. Scenarios of freshwater fish extinctions from climate change and water withdrawal. *Global Change Biology* 11(10): 1557-1564. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001008.x>
- Weert, L. de, M. van Oorschoot, A. Marques, L. Batlle Bayer, H. Westhoek, M. Maaoui, H. Blonk, 2025. Linking a biodiversity abundance metric to life cycle assessment for quantifying the biodiversity footprint of Dutch diets. *Journal of Cleaner Production*, 520, 146081.
- Westhoek, H., T. Rood, M. van Eerdt, M. van Gelder, H. van Grinsven, M. Reudink, H. van Zeijts, 2013. *De macht van het menu. Opgaven en kansen voor duurzaam en gezond voedsel*. Den Haag, Planbureau van de Leefomgeving.
- Willett, W., J. Rockström, B. Loken, M. Springmann, T. Lang, S. Vermeulen, T. Garnett, D. Tilman, F. DeClerck, A. Wood, S. Nishtar, C.J.L. Murray, 2019. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393(10170): 447-492.
- Woltjer, G.B., M.H. Kuiper, 2014. The MAGNET model: module description. LEI Report: 14-057. Landbouw Economisch Instituut (LEI), Den Haag, Nederland. 146 pp.
- Yin, J., D. Yang, X. Zhang, Y. Zhang, T. Cai, Y. Hao, S. Cui, Y. Chen, 2020. Diet shift: considering environment, health and food culture. *Science of The Total Environment* 719.
- Yu, B., Q. Zhao, Y.M. Wei, 2021. Review of carbon leakage under regionally differentiated climate policies. *Science of The Total Environment* 782.

Bijlage 1 SSP2 outlook en verschil met Beleidsscenario

Tabel B1.1 Veranderingen richting de toekomst (van 2017 tot 2050) op basis van het 'Middle of the Road' SSP2-scenario

Parameter	Type verandering	% Veranderingen van 2017 naar 2050 door SSP2-scenario	Data SSP2	Verandering in set-up Beleidsscenario ten opzichte van SSP2
Populatiegroei	Drijfveer	NL: +3,82% EU: -1,67% Wereld: +25,79%	https://data.ece.iiasa.ac.at/ssp	Geen
BBP	Drijfveer	NL: +56,01% EU: +55,73% Wereld: +110,02%	https://data.ece.iiasa.ac.at/ssp Calibartes technical parameters	Geen
Verandering in landgebruik	Drijfveer	Gewassen: NL -9,32%, EU -13,38%, Wereld +0,78% Veehouderij: NL -10,18%, EU -21,58%, Wereld +0,03% Bosbouw: NL +6,36%, EU +4,83%, Wereld +9,95%	Aanname dat het aandeel beschermd gebied hetzelfde blijft in SSP2	Geen
Technologische vooruitgang / productiviteit	Drijfveer	NL: +8,58% EU: +5-8% Sub-Sahara Afrika: +34,27% Zuidoost-Azië: +21,44% Rest Latijns Amerika: +26,97% Wereld: +16,17%	Data van het IMAGE team gekalibreerd voor SSP2	Versnelde en sterkere technologische vooruitgang Wereld, aan de hand van data van het IMAGE team gekalibreerd voor SSP1
Dieetvoorkeur	Endogeen	Basismodel set-up, bepaald door inkomen- en prijselasticiteiten	Uitkomst model; GTAP database	Verschuiving in Nederland en Europa bepaald door <i>Taste shifter</i> aan de hand van EAT-Lancet door Willett et al. (2019)
Intensiteit landgebruik	Endogeen	Basismodel set-up, bepaald door factoren zoals conversie ratio voeder en productiviteit	Uitkomst model	Verschuiving in Nederland en Europa aan de hand van 1. CO ₂ -eq.-taks van 50 USD/ton CO ₂ -eq. 2. 100% belasting kunstmest en pesticiden
Sectorgroei	Endogeen	Basismodel set-up, bepaald door internationale handel, ontwikkelingen sector door bijvoorbeeld technologische vooruitgang	Uitkomst model	Geen
Verschuiving in handel	Endogeen	Basismodel set-up, bepaald door verschuivingen in prijs, productiviteit, verschuivingen in vraag en aanbod	Uitkomst model	100% importtarief op: 1. Olieproducten uit Argentinië 2. Olieproducten, bos, granen en rundvlees uit Brazilië 3. Cacao afkomstig uit West-Afrika 4. Olieproducten uit Indonesië en Zuidoost-Azië 5. Koffie uit Indonesië en Zuidoost-Azië
Energiegebruik	Endogeen	Basismodel set-up, bepaald door verschuivingen in prijs, productiviteit, verschuivingen in vraag en aanbod	Uitkomst model	Geen

Parameter	Type verander-ing	% Veranderingen van 2017 naar 2050 door SSP2-scenario	Data SSP2	Verandering in set-up Beleidsscenario ten opzichte van SSP2
Voedselverspilling	Endogeen	Basismodel set-up, bepaald door verschuivingen in prijs en verschuivingen in vraag en aanbod	Uitkomst model	Verschuiving in Nederland en Europa aan de hand van Halveren voedselverspilling door optimaliseren productie en consumptie: Het efficiënter produceren in de Primaire productie van Plantaardige producten, Vlees en Granen; het efficiënter verwerken in de Verwerkende industrie van Plantaardige producten, Granen, Vis, Vlees en Zuivel; Consument : het verminderen van inkoop van Granen, Plantaardige producten, Vis, Vlees en Zuivel.
Natuur	Exogeen	Basismodel set-up, bepaald door de conversie factor op basis van iCLUE gegevens	Uitkomst model	30% Beschermde gebied per regio in gehele Wereld

Bijlage 2 Voetafdrukken in relatie tot ecosysteem en taxa, biodiversiteitsberekeningen en onzekerheidsmarges

Tabel B2.1 Overzicht van taxa meegenomen in de Potentially Disappeared Fraction of Species (PDF)-berekeningen, gekoppeld aan milieumechanisme, voetafdrukken en oorzaken van biodiversiteitsverlies

Voetafdruk	Milieumechanisme	Oorzaak van biodiversiteitsverlies	Taxonomische groep	Data afkomstig uit
Landvoetafdruk	Beschikbaarheid en kwaliteit land voor soorten	Verandering land/zee gebruik	Mammalia (zoogdieren) Aves (vogels) Amphibia (amfibieën) Reptilia (reptielen) Tracheophyta (vaatplanten)	Kier et al. (2005)
Broeikasgas-voetafdruk	Klimaatverandering	Klimaatverandering	Mammalia (zoogdieren) Aves (vogels) Amphibia (kikkersoorten) Reptilia (reptielen) Insecta (vlindersoorten) Zoetwatervissen	Hanafiah et al. (2011); Zoetwatervissen: Xenopoulos et al. (2005); zie FishBase voor meer informatie over data (Froese en Pauly, 2024)
Watervoetafdruk	Beschikbaarheid en kwaliteit water voor soorten	Exploitatie natuurlijke hulpbronnen	Mammalia (zoogdieren) Aves (vogels) Amphibia (amfibieën) Reptilia (reptielen) Tracheophyta (vaatplanten)	IUCN (2013)
Nutriënten voetafdruk	Zoetwater eutrofiëring*	Vervuiling	Zoetwatervissen	Abell et al. (2008)
Chemische voetafdruk	Marine ecotoxiciteit	Vervuiling	Plankton (Fytoplankton en Zoöplankton) Planktivoren Carnivoren (vleesetende vis, zoals zeebaars en tonijn)	Hauschild (2007)

*Voor zowel stikstof als fosfor

Binnen KOEVOET worden aquatische en terrestrische biodiversiteitsimpacts verschillend berekend vanwege de specifieke milieudruk en gebruikte gegevensbronnen voor beide type impacts. Elke impact volgt een eigen berekeningsroute met unieke karakterisatiefactoren (zogenoeten *characterization factors*):

- **Terrestrische impact** is gebaseerd op het oppervlak landbouwgrond (m^2) dat wereldwijd vereist is voor de Nederlandse (voedsel)consumptie. De landvoetafdrukken komen uit het MAGNET-model en worden gekoppeld aan land-specifieke karakterisatiefactoren van Chaudhary and Brooks (2018), uitgedrukt in $PDF \cdot year / m^2$. Hiervoor worden de 'Mean values_Taxa aggregated' voor intensief landgebruik gehanteerd.
- **Aquatische impact** is gebaseerd op het volume blauw water (m^3) dat nodig is voor productie. De volumes per product en herkomst worden geleverd door MAGNET en gekoppeld aan karakterisatiefactoren van Verones et al. (2020) uit LC-IMPACT, uitgedrukt in $PDF \cdot year / m^3$. Hiervoor worden de 'Mean values_Taxa aggregated' voor watergebruik gehanteerd.

Iedere voetafdrukindicator krijgt een eigen biodiversiteitsvoetafdruk, zodat dubbeltelling structureel wordt uitgesloten. De gebruikte karakterisatiefactoren (KF's) vormen de cruciale schakel tussen de gemeten druk (zoals landgebruik,

watervverbruik of emissies) en de uiteindelijke impact op biodiversiteit. Ze drukken deze relatie uit in een gezamenlijke eenheid: globaal $PDF \cdot year$, wat internationale vergelijking en optelling mogelijk maakt.

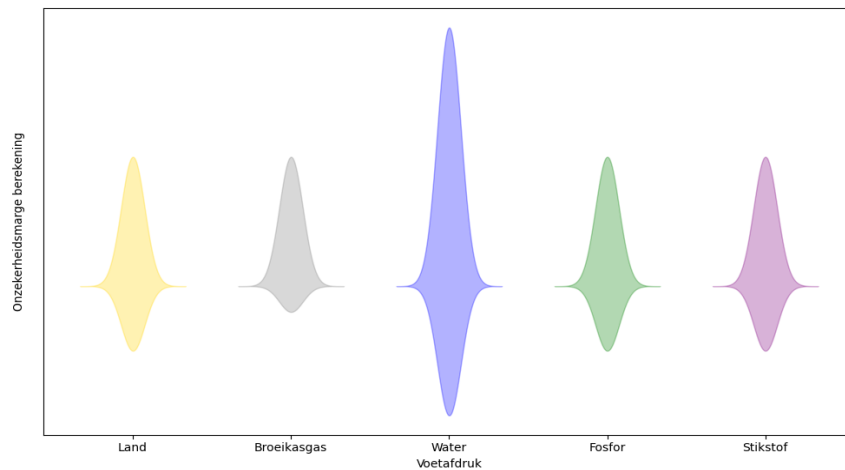
Elke categorie sluit expliciet stoffen, emissies, effecten of soorten uit die elders al zijn meegenomen. Dit voorkomt dat eenzelfde emissie of stof dubbel meetelt in de totale biodiversiteitsvoetafdruk. Voor alle drukfactoren is $PDF \cdot year$ (potentially disappeared fraction of species per jaar) de eind-eenheid, waardoor de resultaten transparant en niet-overlappend zijn.

Daarnaast wordt, om overlap tussen voetafdrukken te voorkomen, elke belangrijke drukfactor op biodiversiteit apart berekend, ieder met een eigen methodiek en indicator: impact van verandering van land/zee gebruik door landgebruik, impact van het gebruik van natuurlijke hulpbronnen door watergebruik, impact van klimaatverandering door broeikasgasemissies, impact van vervuiling door zoetwater eutrofiëring vanuit nutriëntenverontreiniging (N en P) en door ecotoxiciteit van reststromen uit toegepaste chemische stoffen (tabel B2.1). Zie voor verduidelijking van impact per type voetafdruk op elk type ecosysteem figuur 3.3, hoofdstuk 3.

Box B2.1 Onzekerheden voetafdrukberekeningen

Het bestuderen van de impact van biodiversiteitsbeleid is een complexe taak vanwege de inherente complexiteit van biodiversiteit en de onzekerheden die hierbij komen kijken. Deze onzekerheden in resultaten kunnen worden gecategoriseerd in epistemische, ontische, consensus en linguïstische onzekerheid (zie bijvoorbeeld Burgass et al., 2017; Gustafson en Rice, 2020; Haila en Henle, 2014; Igos et al., 2019). De onzekerheid kan voortkomen uit de formulering van de doelstelling, uit de onzekerheden met betrekking tot de gebruikte modellen of de uitdagingen bij het effectief communiceren van de resultaten. Zo is bijvoorbeeld de *richting* van een uitkomst over het algemeen bekend, maar de omvang blijft onzeker vanwege factoren zoals de kwaliteit van de data, de structuur van modellen of aannames over waarschijnlijkheden, of betreft de onzekerheid simpelweg het gebrek aan kennis over te verwachten toekomstscenario's.

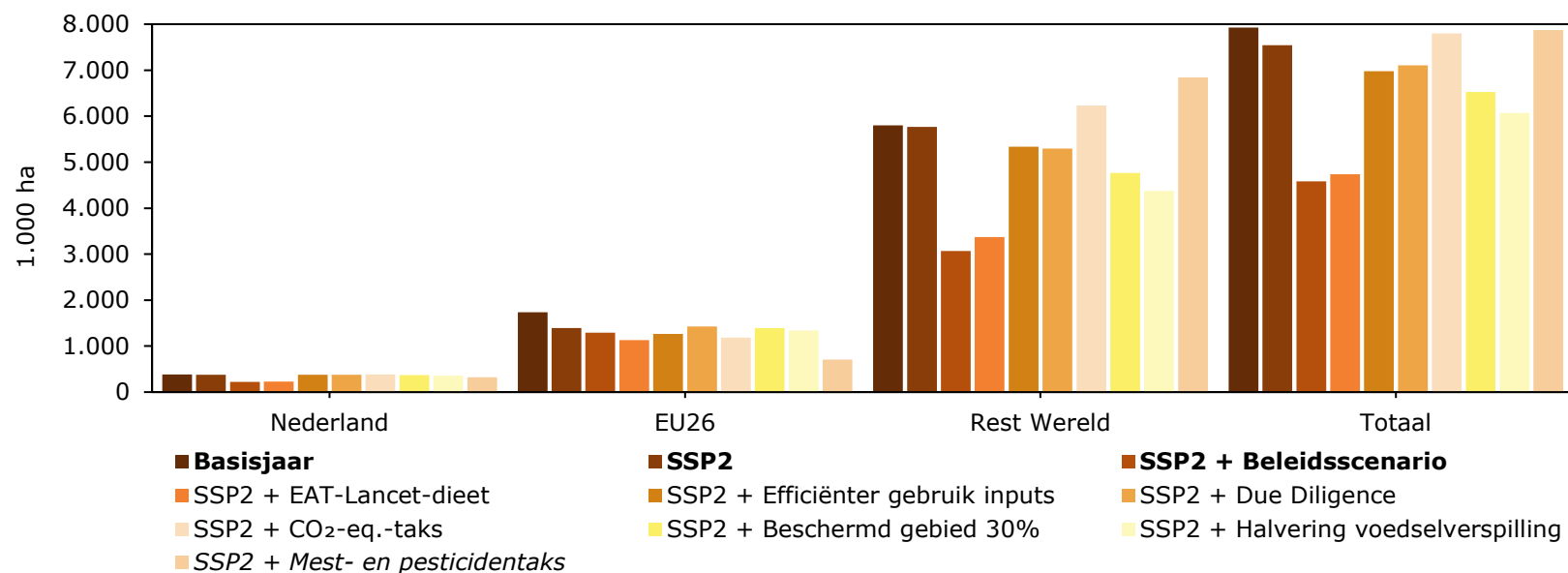
In een van de testcases, de zogeheten suikercasus uitgevoerd binnen het KOEVOET-project, werd een breed overzicht van potentiële onzekerheden in de berekeningen van de voetafdruk opgesteld, gebaseerd op de ervaring en expertise van het projectteam. Voor de suikercasus waren de belangrijkste oppervlakkige onzekerheden gerelateerd aan de kwantificering van voetafdrukken en omzetting in biodiversiteitsimpacten met behulp van conversiefactoren. Voor elk type voetafdruk werd onzekerheid uitgedrukt in vermenigvuldigingsfactoren, waarbij de boven- en ondergrenzen van de geschatte voetafdrukken en de bijbehorende impact werd gedefinieerd. Theoretisch gezien zou onzekerheid per land kunnen variëren, afhankelijk van de beschikbaarheid en kwaliteit van gegevens, maar in deze studie varieerde het alleen per type voetafdruk en scenario. Figuur B2.1 toont de spreiding van onzekerheden voor verschillende typen voetafdrukken met behulp van vermenigvuldigingsfactoren voor de suiker-casus. Om de spreiding van waarden te illustreren, is de geschatte voetafdruk genormaliseerd tot 1. Een grotere spreiding weerspiegelt een hogere onzekerheid en wijst een kleinere spreiding op grotere zekerheid in de schattingen.



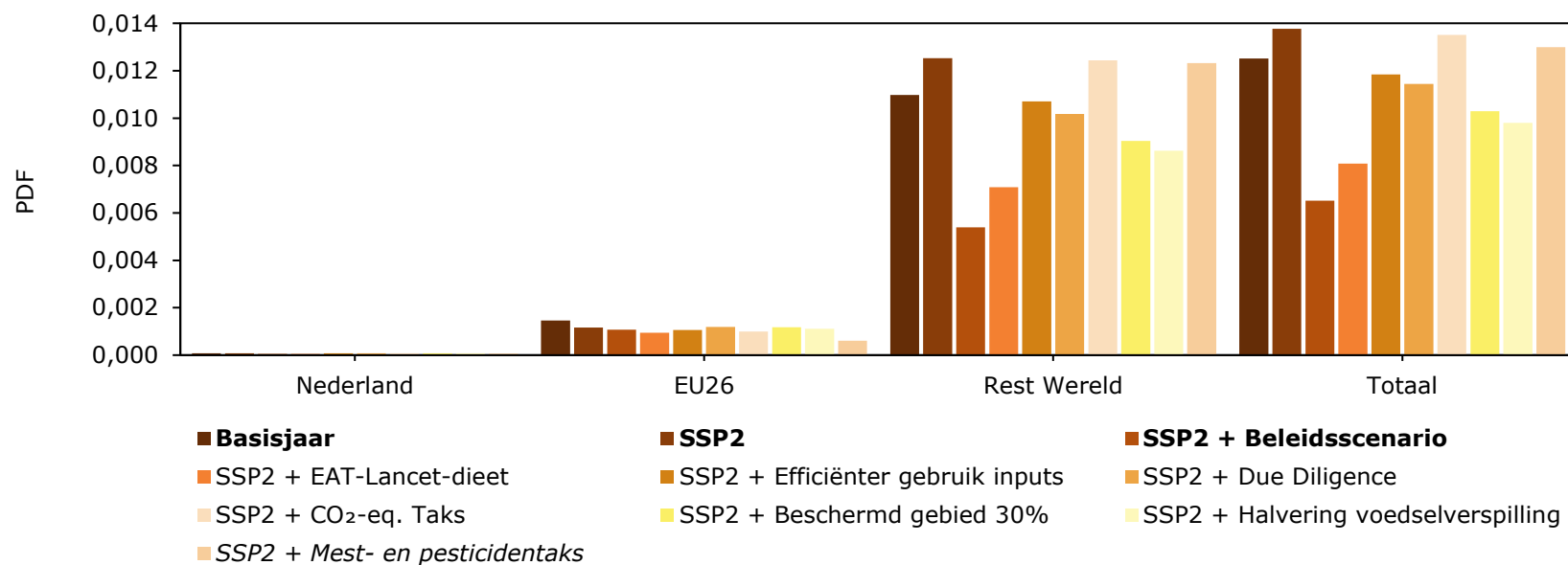
Figuur B2.1 Onzekerheidsmarge met boven- en ondergrenzen voor de berekening van de land-, water-, koolstof- en nutriëntenvoetafdrukken. Bron: *Onzekerheidsanalyse voor de Suiker-Casestudy, KOEVOET-project*

De resultaten tonen aanzienlijke onzekerheid in de water-voetafdruk, zoals blijkt uit de grootste spreiding. Daarentegen toont de koolstofvoetafdruk de kleinste spreiding, wat wijst op het laagste niveau van onzekerheid. Deze spreidingen benadrukken de variabiliteit en mogelijke beperkingen bij de kwantificering van voetafdrukken en hun omzetting in biodiversiteitsimpacten.

Bijlage 3 Landvoetafdruk resultaten individuele beleidsopties

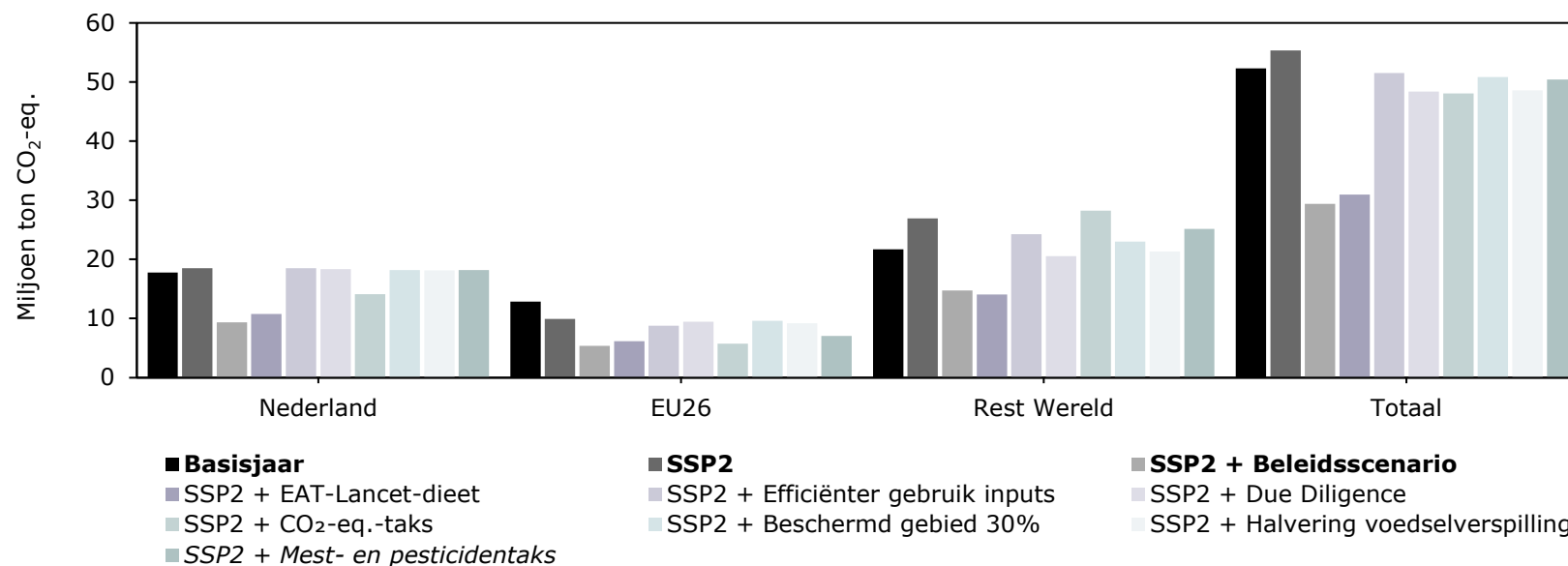


Figuur B3.1 De grootte van de landvoetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, in 1,000 ha. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2-scenario. De beleidsoptie mest en pesticiden taks valt buiten het beleidsscenario.

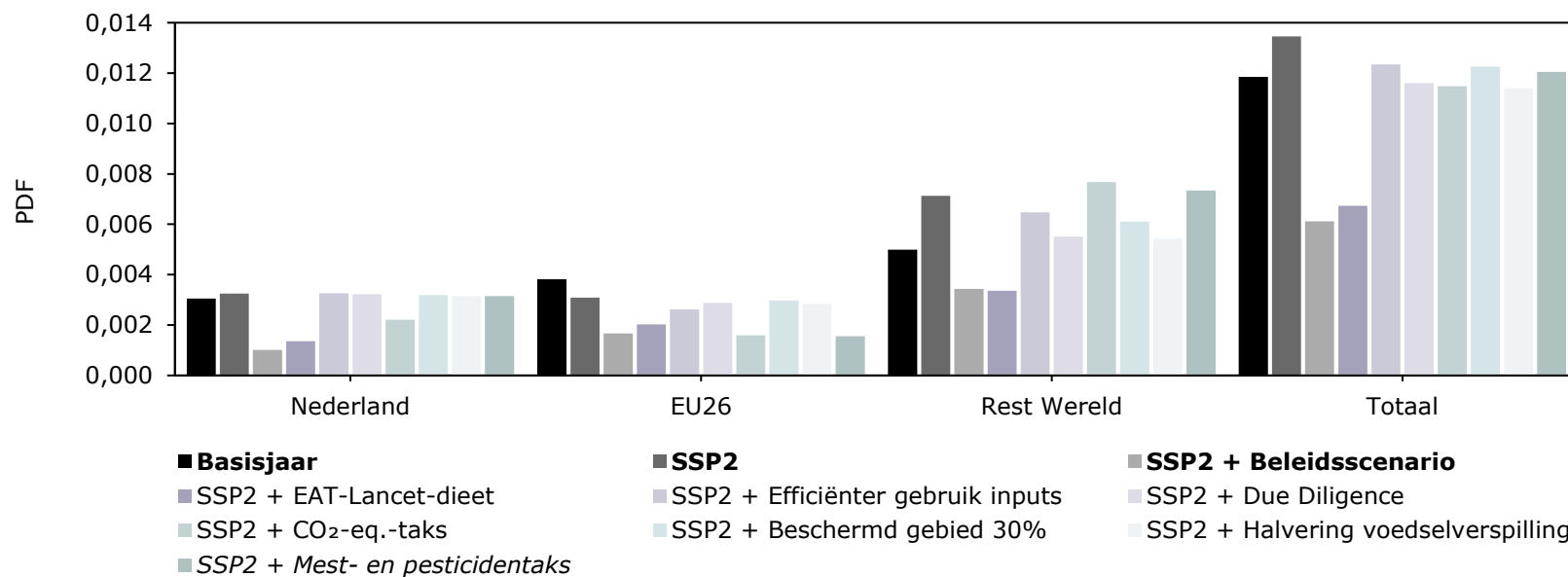


Figuur B3.2 De diepte van de landvoetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, uitgedrukt in Potentially Disappeared Fraction of species [PDF]. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050-scenario. De beleidsoptie mest- en pesticidentaks valt buiten het beleidsscenario.

Bijlage 4 Broeikasgasvoetafdruk resultaten individuele beleidsopties

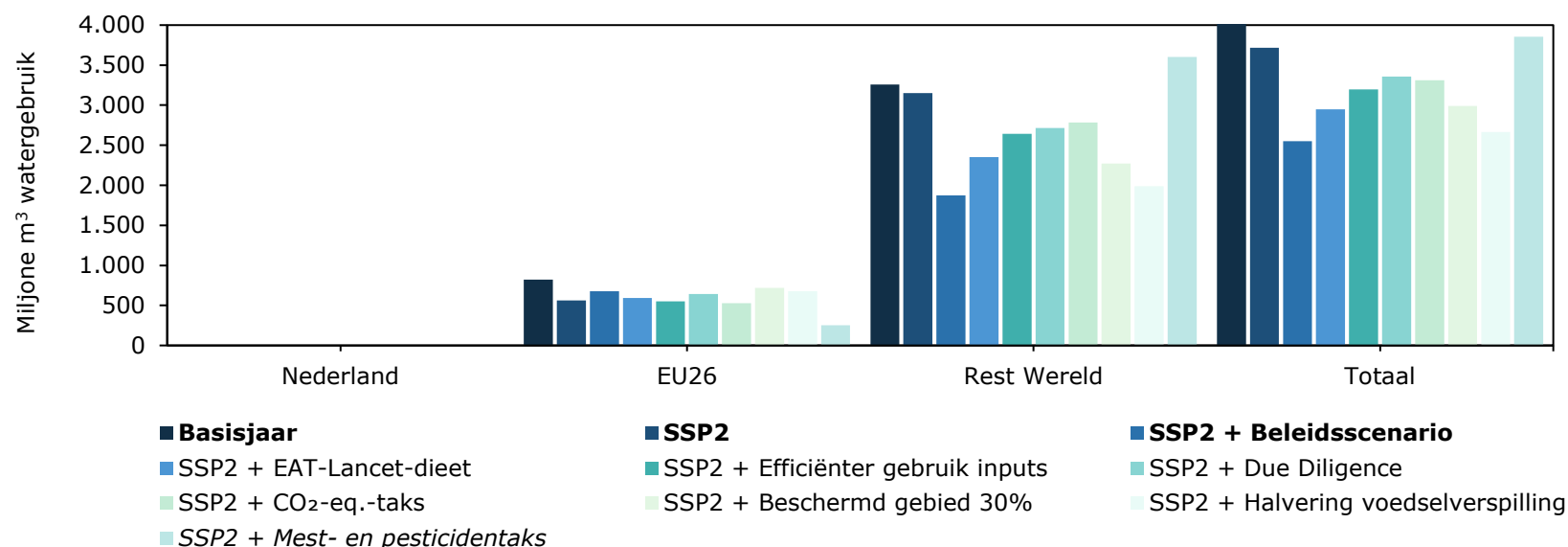


Figuur B4.1 De grootte van de broeikasgasvoetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, in 1.000 ha. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050-scenario. De beleidsoptie mest- en pesticidentaks valt buiten het beleidsscenario.

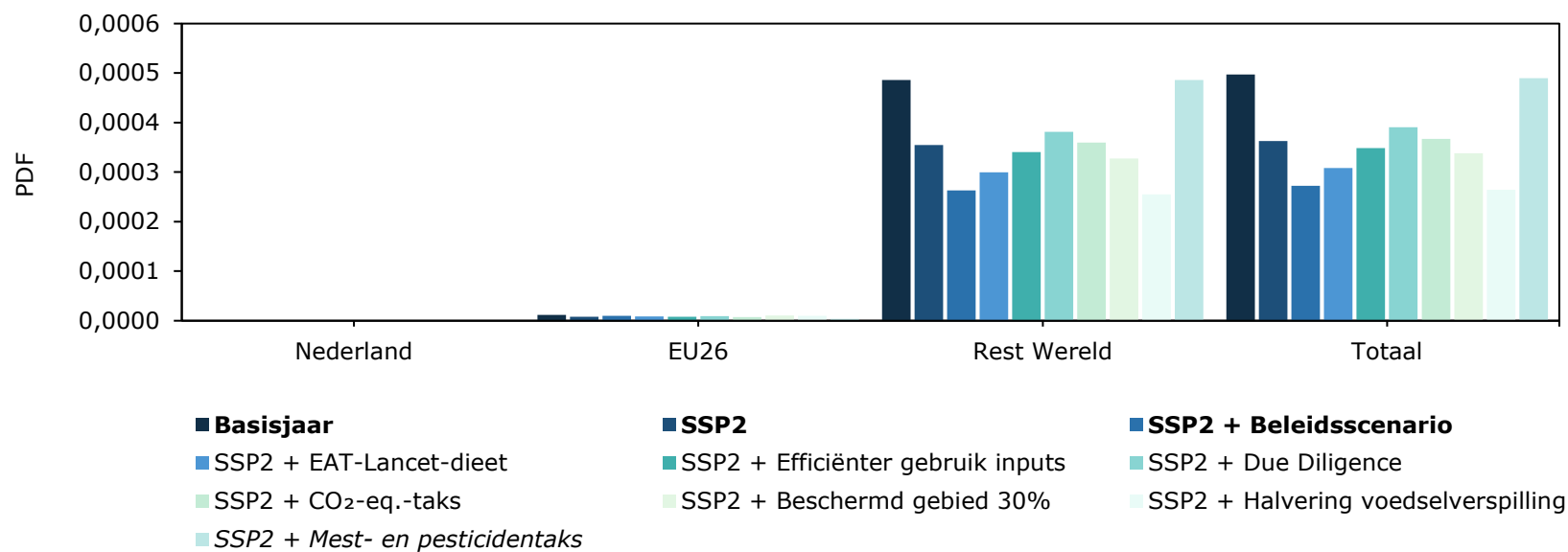


Figuur B4.2 De diepte van de broeikasgasvoetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, in Potentially Disappeared Fraction of Species [PDF]. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050-scenario. De beleidsoptie mest- en pesticidentaks valt buiten het beleidsscenario.

Bijlage 5 Watervoetafdruk resultaten individuele beleidsopties

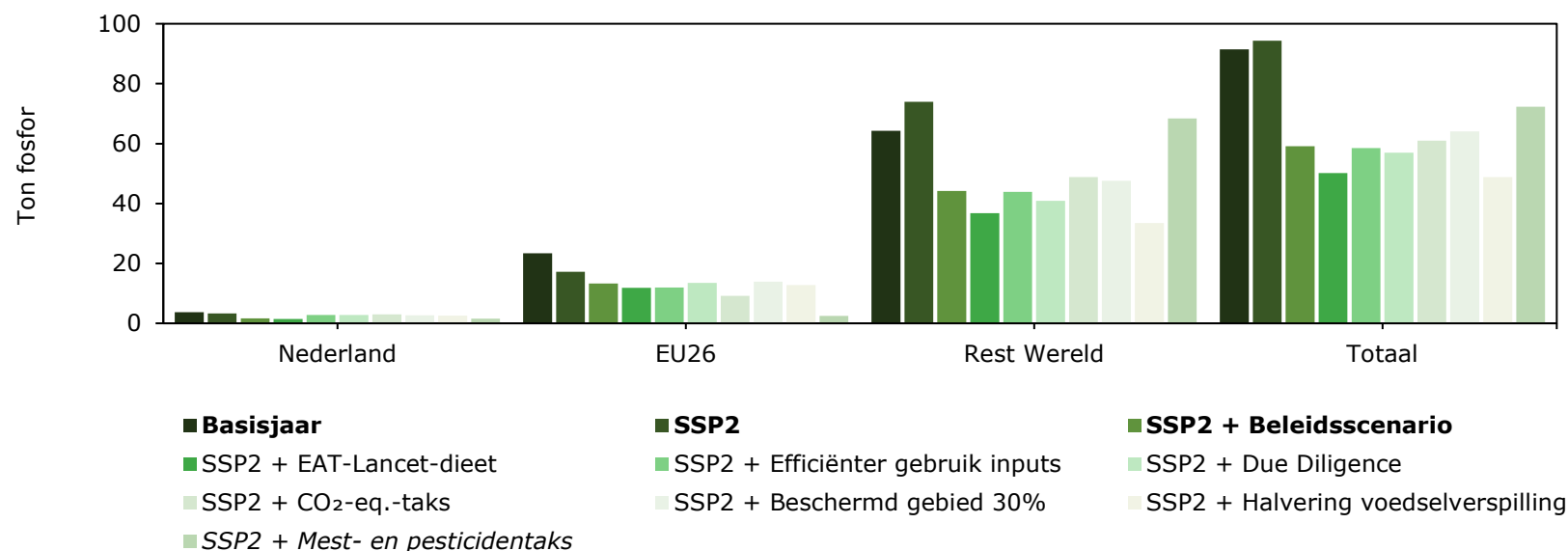


Figuur B5.1 De grootte van de watervoetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, in miljoen m³. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050-scenario. De beleidsoptie mest- en pesticidentaks valt buiten het beleidsscenario.

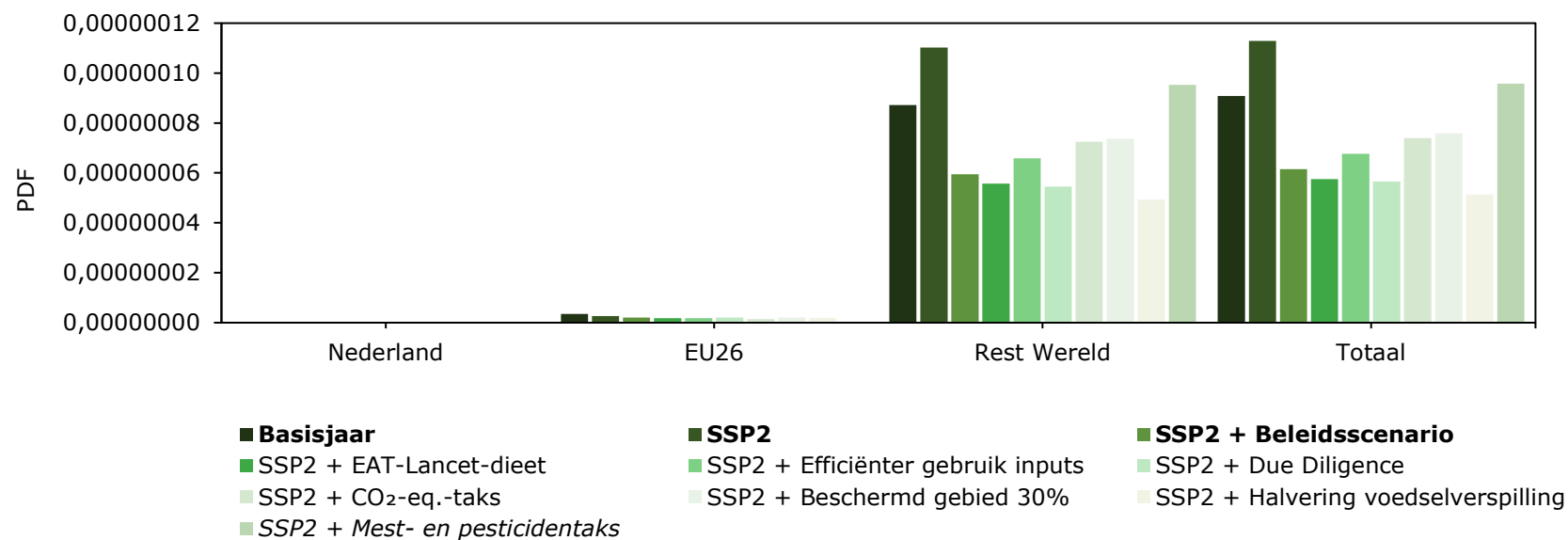


Figuur B5.2 De diepte van de watervoetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, in Potentially Disappeared Fraction of Species [PDF]. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050-scenario. De beleidsoptie mest- en pesticidentaks valt buiten het beleidsscenario.

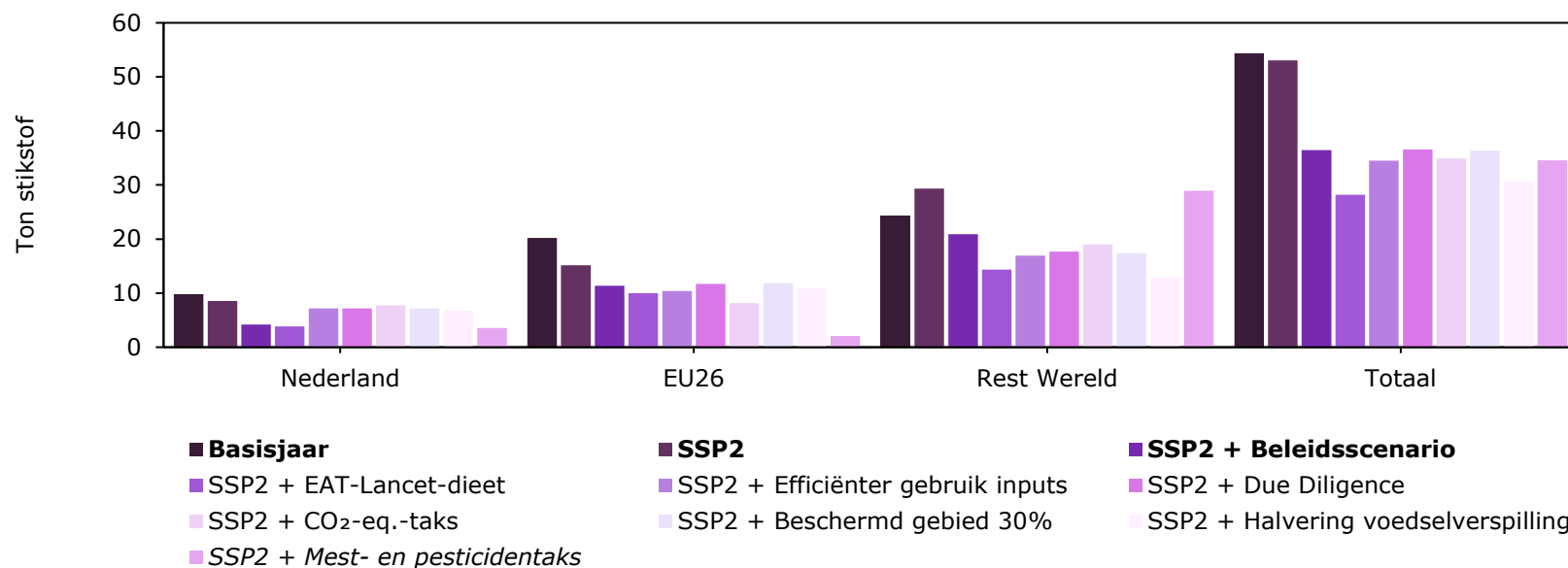
Bijlage 6 Nutriëntenvoetafdruk resultaten individuele beleidsopties



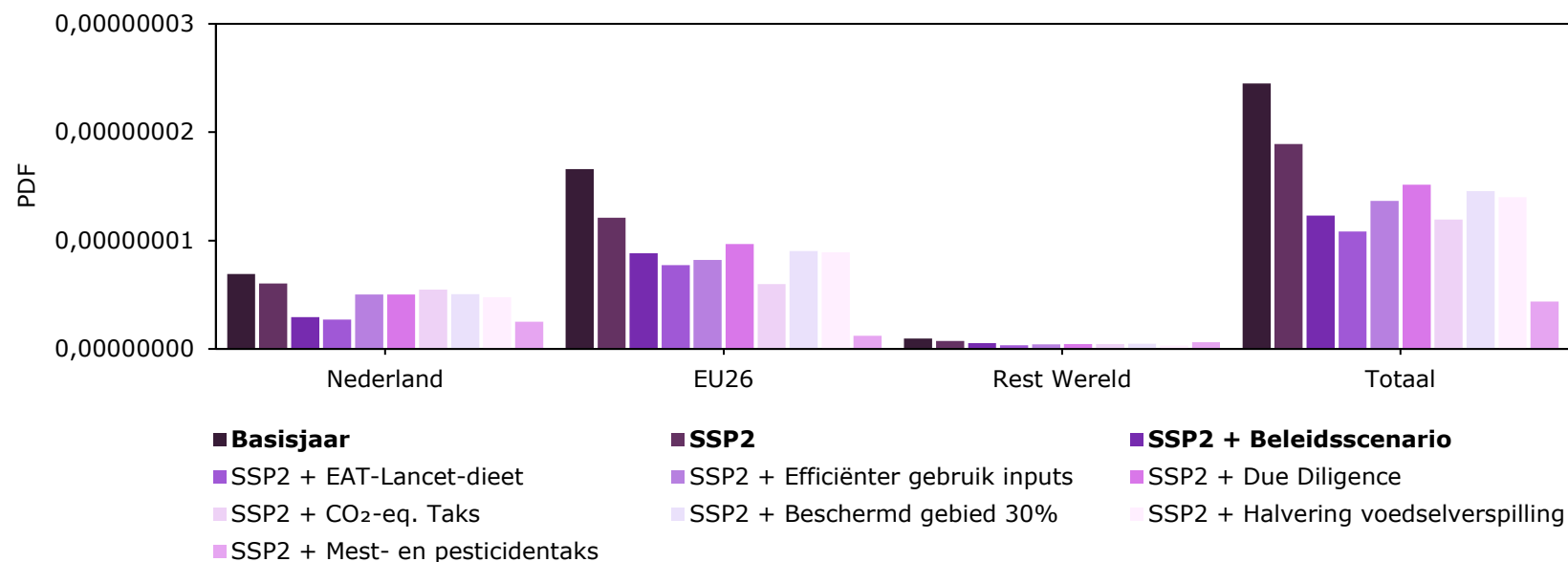
Figuur B6.1 De grootte van de fosforvoetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, in ton. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050-scenario. De beleidsoptie mest- en pesticidentaks valt buiten het beleidsscenario.



Figuur B6.2 De diepte van de fosforvoetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, in Potentially Disappeared Fraction of Species [PDF]. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050-scenario. De beleidsoptie mest- en pesticidentaks valt buiten het beleidsscenario.

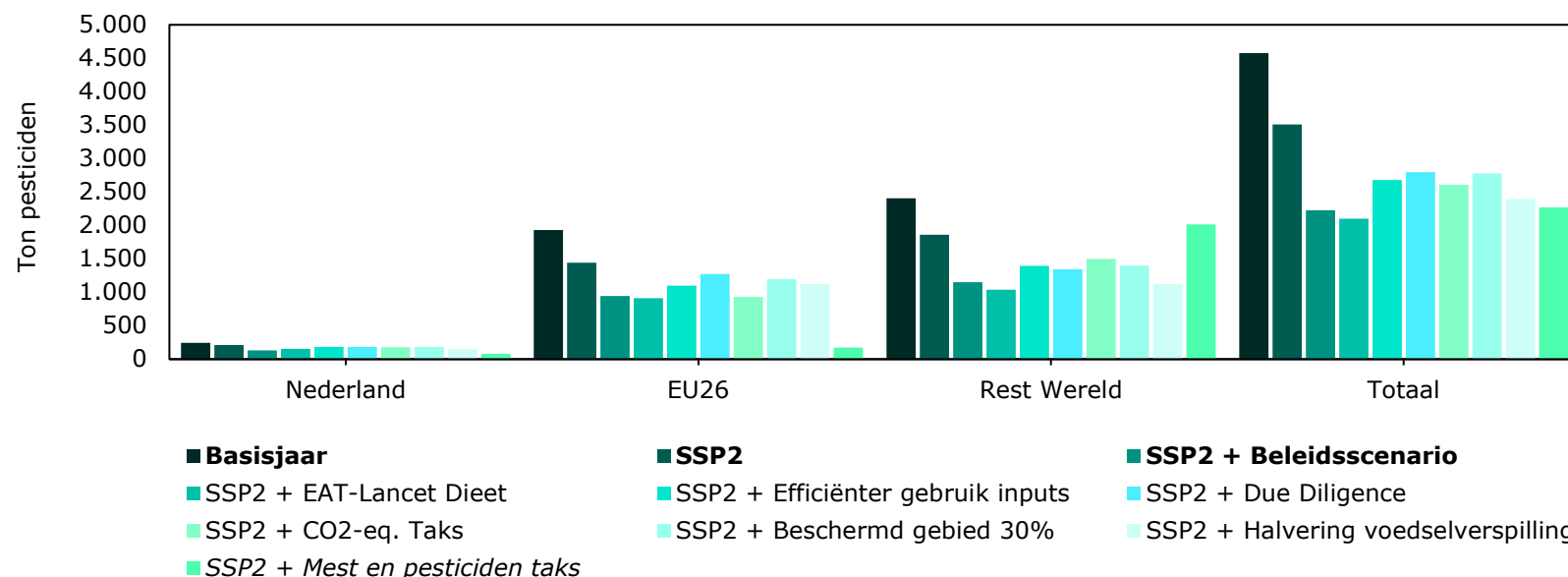


Figuur B6.3 De grootte van de stikstofvoetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, in ton. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050-scenario. De beleidsoptie mest- en pesticidentaks valt buiten het beleidsscenario.

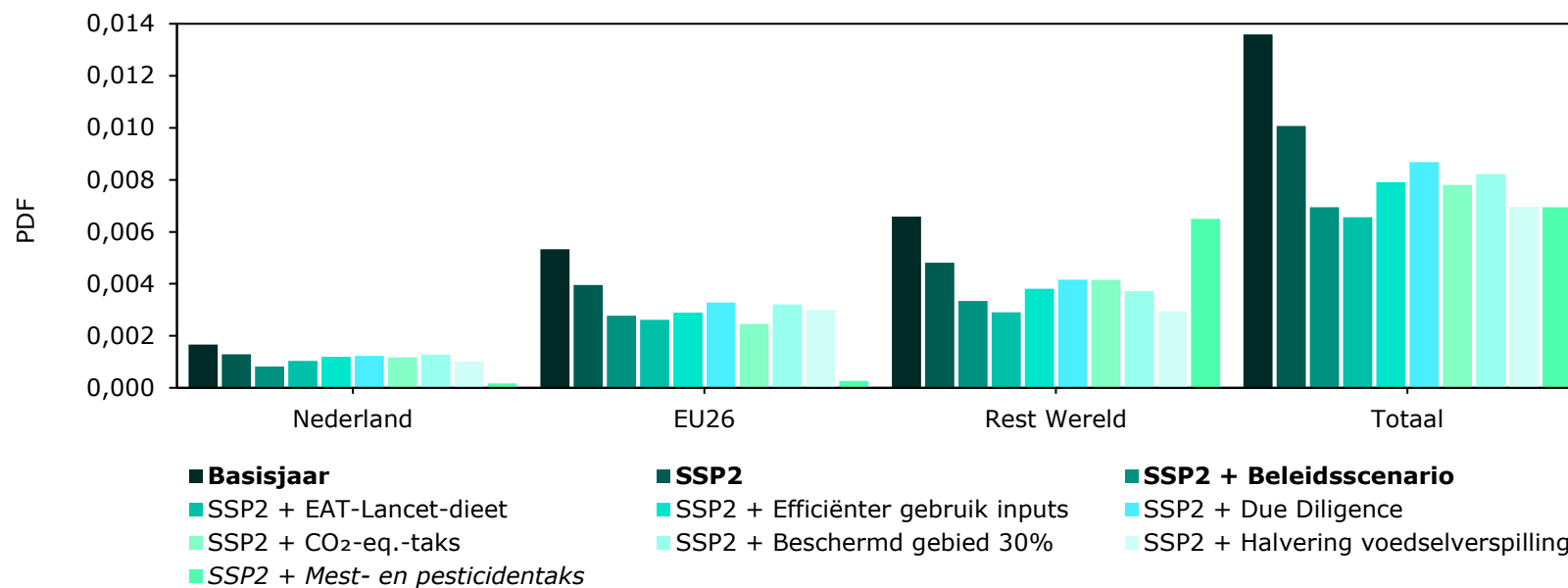


Figuur B6.4 De diepte van de stikstofvoetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, in Potentially Disappeared Fraction of Species [PDF]. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050-scenario. De beleidsoptie mest- en pesticidentaks valt buiten het beleidsscenario.

Bijlage 7 Chemische voetafdruk resultaten individuele beleidsopties



Figuur B7.1 De grootte van de chemische voetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, ook wel grijze watervoetafdruk, uitgedrukt in biljoen m³. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq. taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050-scenario. De beleidsoptie mest en pesticiden taks valt buiten het beleidsscenario.



Figuur B7.2 De diepte van chemische voetafdruk in gebruik voor de Nederlandse voedselconsumptie, ook wel grijze watervoetafdruk, in Potentially Disappeared Fraction of species [PDF]. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de locatie waar de voetafdruk plaatsvindt (bijvoorbeeld Nederland), en voor welk scenario of individuele beleidsoptie de voetafdruk geldt (bijvoorbeeld het SSP2 2050-scenario of de individuele beleidsoptie CO₂-eq.-taks). De individuele beleidsopties gelden additioneel op het SSP2 2050 scenario. De beleidsoptie mest- en pesticidentaks valt buiten het beleidsscenario.

Hieronder volgen de diverse stappen die nodig zijn om de biodiversiteitsimpact van chemische verontreiniging te berekenen.

Stap 1: Berekening van grijze watervoetafdruk per stof, gewas en land

De grijze watervoetafdruk (GWF) van pesticiden geeft het totaal volume water aan wat nodig is om de verontreiniging die optreedt door de toepassing van chemicaliën in bodem en waterbronnen (ecotoxiciteit) tegen te gaan. Dit noemen we ook wel het *virtueel* watergebruik. Dit volume water is niet fysiek in gebruik, maar zou gebruikt moeten worden om de vervuiling tegen te gaan, waarmee het volume water van de GWF dus virtueel watergebruik betreft. Deze voetafdruk wordt berekend op basis van de hoeveelheid werkzame stof (chemische stoffen) die via landbouwactiviteiten in het watermilieu terecht komt. Dit kan zowel door directe lozing in waterbronnen als door uitspoeling via de bodem.

Stap 2: Selectie van dominante stof per gewas

De berekening van de grijze watervoetafdruk volgt de methodologie uit The Water Footprint Assessment Manual (Hoekstra et al., 2011), aangevuld met fracties om uitloggen of uitspoeling te berekenen, en de Europese kwaliteitsnormen voor de maximaal toegestane concentratie van chemicaliën in waterlichamen. De grijze watervoetafdruk berekent dus het volume aan water wat nodig is om de toegepaste chemicaliën zodanig uit te spoelen dat deze onder de maximaal toegestane concentratie komt. Let op: in deze methode maken wij gebruik van de twintig meest gebruikte chemicaliën per gewas, waarbij de stof die het meest wordt toegepast voor elk gewas in elk land, gebruikt wordt om de totale grijze watervoetafdruk te berekenen (maximale

virtuele watergebruik, als proxy voor de omvang van de impact van verontreiniging) voor elk gewas en uiteindelijk voor elk land.

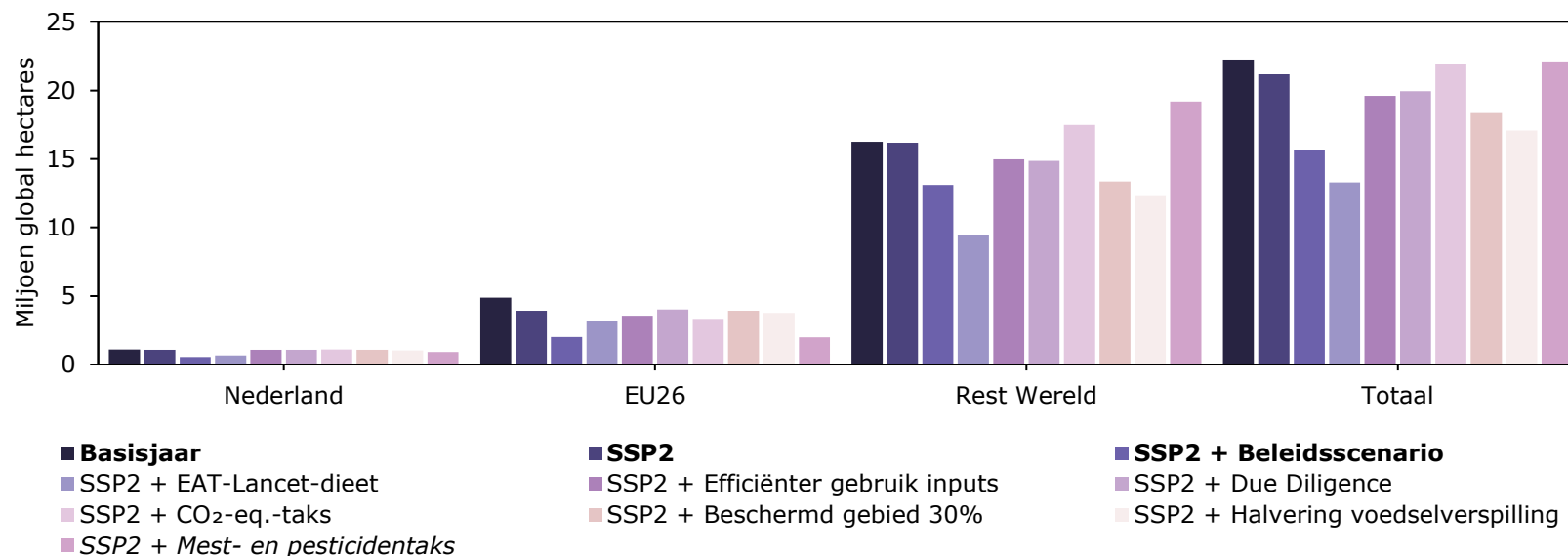
Stap 3: Berekening van biodiversiteitsimpact per land (in PDF-jaar)

De grijze watervoetafdruk wordt dus gebruikt om een indicatie te geven van het aangetaste volume water door chemische vervuiling. De biodiversiteitsimpact hiervan wordt echter berekend met karakterisatiefactoren uit LC-IMPACT (Verones et al., 2020).

De totale biodiversiteitsdruk door chemisch gebruik wordt verkregen door de som te nemen over alle grijze watervoetafdrukken voor elk land, voor elk gewas, voor het totaal aan voedselconsumptie in Nederland. Dit betreft alléén marine soorten. Omdat we niet de precieze locatie weten van waar het water naartoe gaat wat vervuild wordt (en/of er nog geen complete database bestaat voor elke stof, voor elk gewas in elk land op die exacte locatie), kijken we naar de hoeveelheid water die vervuild wordt door de toepassing van chemicaliën, en welke fractie van organismen daarmee benadeeld worden. De uiteindelijke locatie waar vervuild zoetwater terecht komt is in marine ecosystemen, vandaar dat de fractie van organismen ook marine organismen betreft.

Let wel: de maximaal toegestane hoeveelheid van schadelijke stoffen geeft aan wanneer er mogelijk risico zou kunnen optreden. Dit geeft dus aan tot waar het gebruik van de desbetreffende stof maximaal kan gaan wil het nog binnen veilige regionen vallen. De chemische voetafdruk geeft dus de maximaal mogelijke schade en het maximaal mogelijke risico aan van toepassing van de meest gebruikte stoffen voor elk gewas in elk land.

Bijlage 8 Ecologische voetafdrukresultaten



Figuur B8.1 Ecologische voetafdruk, uitgedrukt in global hectares (gha). Deze bestaat uit het totaal aan landoppervlak dat nodig is voor de productie van onze consumptie, voor zowel directe productie als ter compensatie van uitstoot broeikasgassen

Bijlage 9 Economische impactscenario's

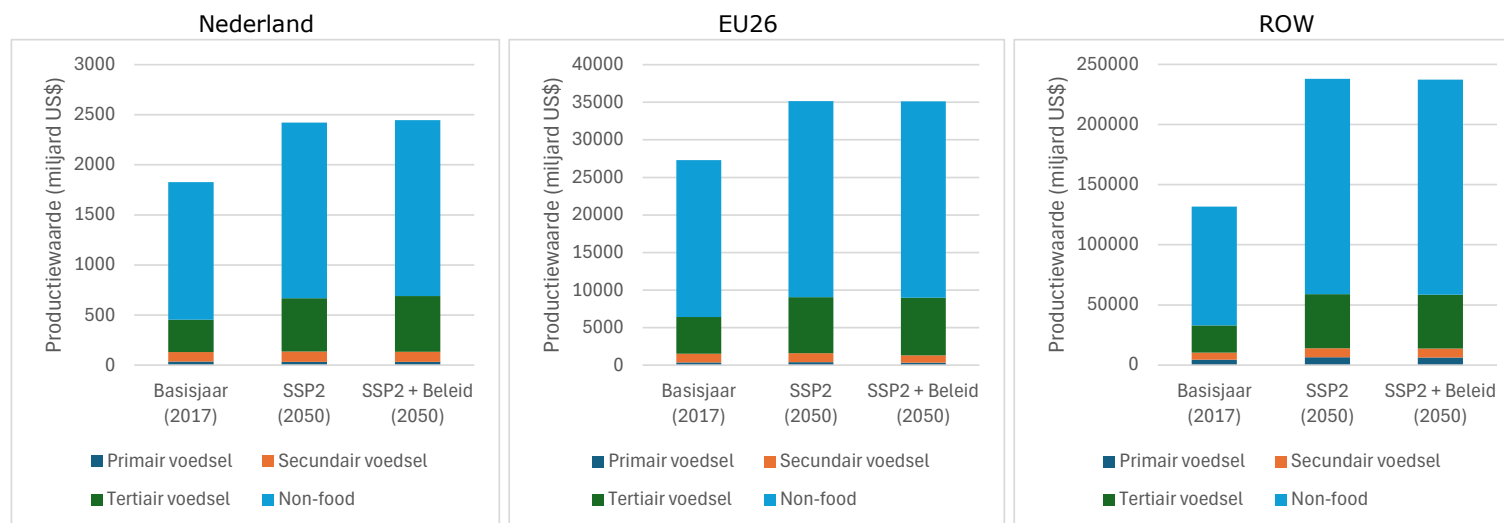
Economische analyse

De primaire voedselsector in Nederland behelst 61% plantaardige en 39% dierlijke productie – in de EU26 en ROW is dit, respectievelijk, 54%/46% en 60%/40%. Consumptie in Nederland is 28% voedsel gerelateerd, waarvan 70% primair plantaardige en 30% primair dierlijke consumptie; in de EU26 is 32% van de consumptie voedsel-gerelateerd, waarvan 72% primair plantaardige en 28% primair dierlijke consumptie; in de ROW is 40% voedsel-gerelateerd, waarvan 60% primair plantaardige en 40% primair dierlijke consumptie (zie figuur B9.2). Het bruto binnenlands product per capita in Nederland is 42,5 duizend USD per jaar – vergeleken met gemiddeld 27,2 duizend USD per jaar in de EU26 en 6,4 duizend USD per jaar in de ROW (zie figuur B9.3). De werkgelegenheid in Nederland is 56% van de totale bevolking, tegenover 95% in de EU26 en 98% in de ROW (zie figuur B9.4).

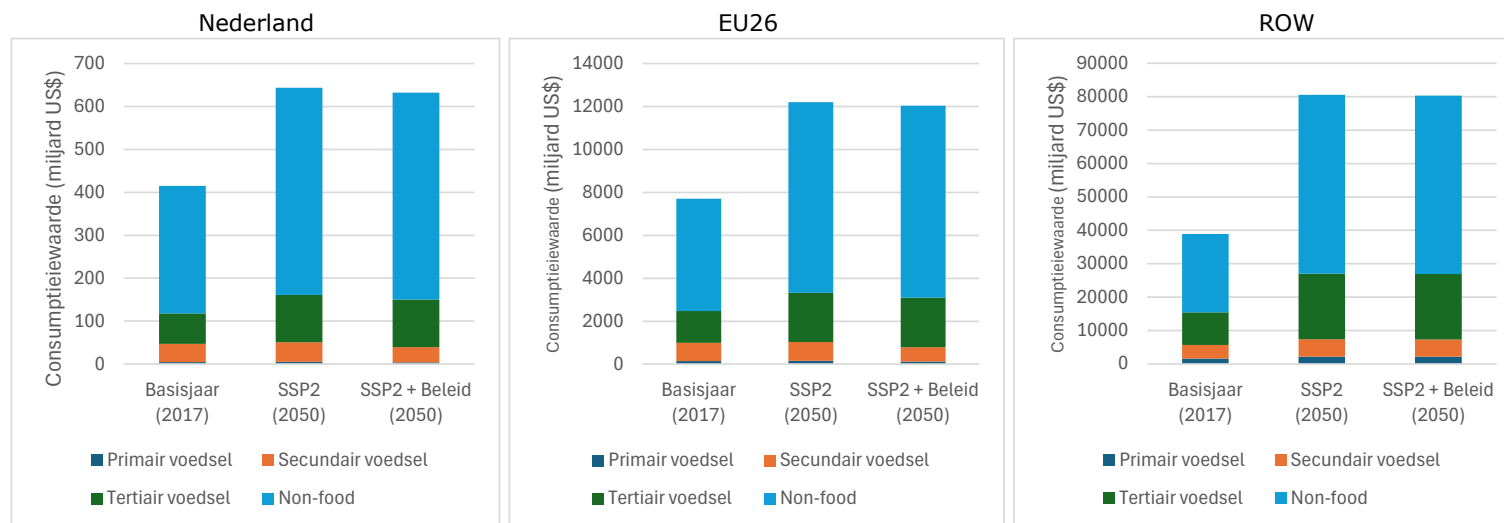
In het SSP2-scenario (2050) neemt, ten opzichte van het Basisjaar (2017), de productiewaarde van de voedselsectoren in Nederland toe met 47%, vergeleken met +41% in de EU26 en +80% in de ROW, met name als gevolg van de bevolkings- en inkomensgroei evenals de vooruitgang in productiviteit in de landbouw en efficiëntie van grondstofgebruik (zie figuur B9.1). Evenzo neemt de waarde van de voedselconsumptie in Nederland toe met 36%, vergeleken met +34% in de EU26 en +75% in de ROW (zie figuur B9.2). Er vindt daarbij een kleine verschuiving in voorkeur plaats naar primair dierlijke consumptie (naar 33% in Nederland, 31% in de EU26 en 41% in de ROW). Het bruto binnenlands

product per capita in Nederland stijgt met 50%, vergeleken met +58% in de EU26 en +63% in de ROW (zie figuur B9.3). Daarentegen daalt de werkgelegenheid in Nederland, de EU26 en de ROW met, respectievelijk, 11%, 17% en 19% – met name door de vergrijzende bevolking en de vooruitgang in productiviteit en efficiëntie (zie figuur B9.4).

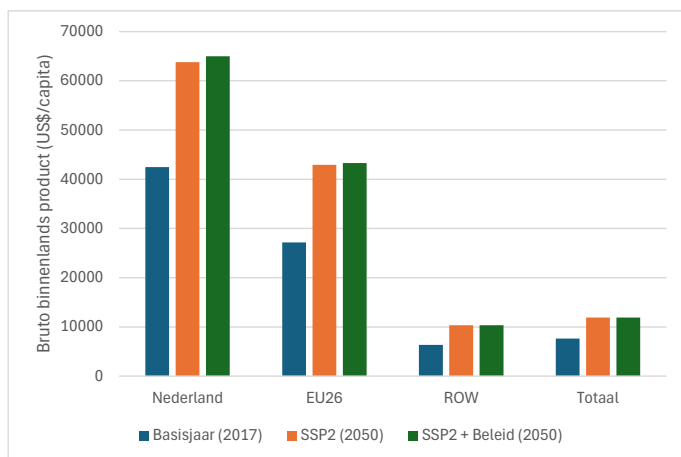
In het SSP2 + Beleidsscenario (2050) neemt, ten opzichte van het SSP2-scenario (2050), de productiewaarde van de voedselsectoren in Nederland toe met 3,2%, terwijl deze afneemt in de EU26 (-0,8%) en de ROW (-0,7%; zie figuur B9.1). Als gevolg van de verandering in dieet is er in Nederland en de EU26 een sterke afname in primaire dierlijke productie (respectievelijk -38% en -56%), die in Nederland effectief wordt gecompenseerd door een toename in de waarde van primair plantaardige producten (+29%) en voedseldiensten (+4,4%). Evenzo neemt de waarde van de voedselconsumptie in Nederland af met 6,7%, vergeleken met -6,9% in de EU26 en -0,3% in de ROW (zie figuur B9.2). Er vindt daarbij een sterke verschuiving in voorkeur plaats naar primair plantaardige consumptie (naar 82% in Nederland, 81% in de EU26 en 58% in de ROW). Het bruto binnenlands product per capita in Nederland stijgt met 1,9%, vergeleken met +0,8% in de EU26 en -0,2% in de ROW (zie figuur B9.3). De werkgelegenheid in Nederland daalt licht met 0,1% in Nederland en 0,4% in de ROW, terwijl deze licht stijgt in de EU26 (+0,2%; zie figuur B9.4).



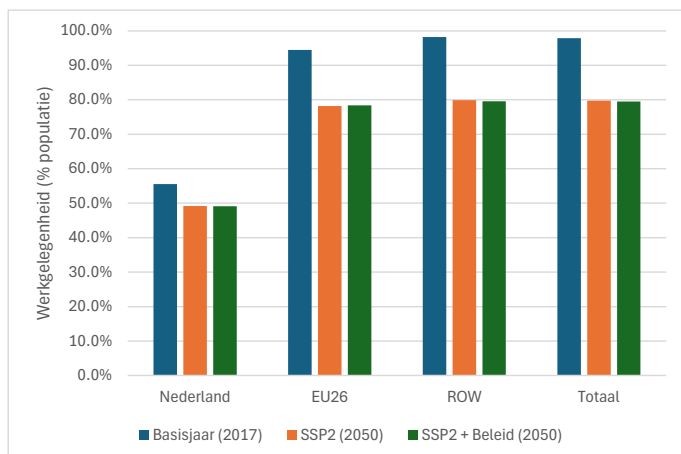
Figuur B9.1 Productiewaarde per sector in Nederland, EU26 en Rest van de wereld (ROW) voor Basisjaar (2017), SSP2 (2050) en SSP2 + Beleid (2050)-scenario's (in miljard USD)



Figuur B9.2 Consumptiewaarde per sector in Nederland, EU26 en Rest van de wereld (ROW) voor Basisjaar (2017), SSP2 (2050) en SSP2 + Beleid (2050)-scenario's (in miljard USD)



Figuur B9.3 Bruto binnenlands product in Nederland, EU26 en Rest van de wereld (ROW) voor Basisjaar (2017), SSP2 (2050)- en SSP2 + Beleid (2050)-scenario's (in USD/capita)



Figuur B9.4 Werkgelegenheid in Nederland, EU26 en Rest van de wereld (ROW) voor Basisjaar (2017), SSP2 (2050)- en SSP2 + Beleid (2050)-scenario's (in % totale populatie)

Ecosysteemdiensten

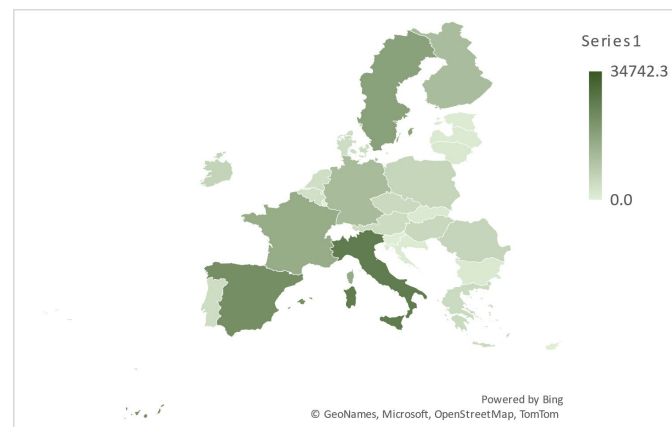
De totale jaarlijkse waarde van ecosysteemdiensten in het Basisjaar (2017) bedraagt circa 3,8 mld. euro in Nederland en circa 162,8 mld. euro in de EU26 (zie figuur B9.5 en figuur B9.8). De waarde van ecosysteemdiensten wordt, met name, bepaald door het oppervlakte en type landgebruik, inkomen per capita en bevolkingsdichtheid. Typen ecosysteemdiensten in Nederland en de EU26 met de grootste totale jaarlijkse waarden zijn regulering (respectievelijk 2,3 en 70,6 mld. euro), levering (respectievelijk 0,95 en 55,4 mld. euro) en cultureel (0,55 en 36,8 mld. euro). Typen landgebruik in Nederland met de grootste totale jaarlijkse ecosysteemwaarden zijn Landbouw (2,4 mld. euro; 37% levering en 63% regulering), Bossen (0,5 mld. euro; 2% levering, 95% regulering en 3% cultureel) en Grasland (0,4 mld. euro; 6% levering, 21% regulering en 73% cultureel); in de EU26 zijn dat Landbouw (83,9 mld. euro; 58% levering en 42% regulering), Bossen (37,4 mld. euro; 8% levering, 84% regulering en 8% cultureel) en Moerassen (16,4 mld. euro; 9% levering, 28% regulering en 63% cultureel). De landen met de grootste totale jaarlijkse ecosysteemwaarden zijn Italië (26,2 mld. euro), Spanje (22,0 mld. euro), Zweden (17,9 mld. euro), Frankrijk (15,3 mld. euro) en Duitsland (11,7 mld. euro) – hoofdzakelijk bepaald door oppervlakte en inkomen per capita.

De totale jaarlijkse waarde van ecosysteemdiensten in het SSP2-scenario (2050) neemt, ten opzichte van het Basisjaar (2017), toe met meer dan 30% in Europa – tot circa 5,00 mld. euro in Nederland (+31,8%) en circa 212,6 mld. euro in de EU26 (+30,6%; zie figuur B9.6 en figuur B9.8). De toename in de waarde van ecosysteemdiensten in Europa wordt, met name, bepaald door de toename in inkomen (+56%; toename in koopkracht) en verandering in landgebruik (toename Bossen en Dorre gebieden; afname Moerassen, Landbouw, Bosland en Grasland). Typen ecosysteemdiensten welke het meest stijgen in waarde zijn levering (+52%; hoofdzakelijk als gevolg van toename in inkomen/consumptie), cultureel (+32%; hoofdzakelijk als gevolg van toename in inkomen/consumptie) en regulering (+13%; hoofdzakelijk als gevolg van verandering in landgebruik) in Europa – respectievelijk tot 1,5 mld. euro (+54%), 0,8 mld. euro (+44%) en 2,7 mld. euro (+20%) in Nederland en tot 84,0 mld. euro (+52%), 48,6 mld. euro (+32%) en 80,0 mld. euro (+13%) in de EU26. Typen landgebruik in Nederland met de grootste totale jaarlijkse ecosysteemwaarden zijn Landbouw (3,2 mld. euro [+35%]; 42% levering en 58% regulering), Bossen (0,7 mld. euro [+26%]; 2% levering, 94% regulering en 4% cultureel) en Grasland (0,6 mld. euro [+53%]; 7% levering, 17%

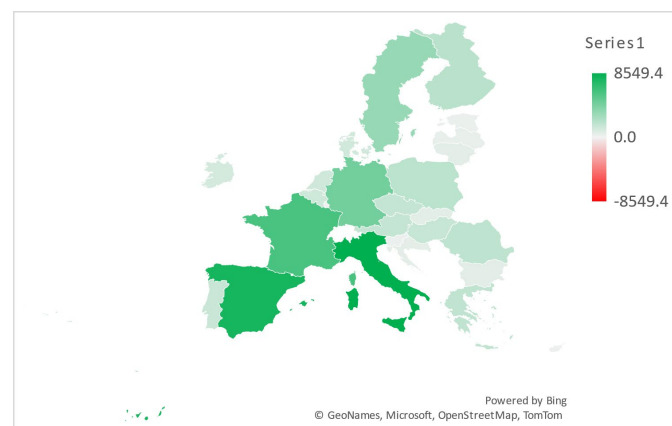
regulering en 76% cultureel); in de EU26 zijn dat Landbouw (111,8 mld. euro [+33%]; 66% levering en 34% regulering), Bossen (50,2 mld. euro [+34%]; 10% levering, 80% regulering en 10% cultureel) en Bosland (18,9 mld. euro [+44%]; 3% levering, 1% regulering en 96% cultureel). De landen met de grootste totale jaarlijkse ecosysteemwaarden zijn Italië (34,7 mld. euro; +33%), Spanje (29,8 mld. euro; +18%), Frankrijk (21,3 mld. euro; +39%), Zweden (21,0 mld. euro; +18%) en Duitsland (16,2 mld. euro; +38%).

De totale jaarlijkse waarde van ecosysteemdiensten in het SSP2 + Beleid scenario (2050) neemt, t.o.v. het SSP2 scenario (2050), toe met bijna 2% in Europa – tot ~5,03 miljard euro in Nederland (+0,7%) en ~216,6 miljard euro in de EU26 (+1,9%; zie figuur B9.7 en figuur B9.8). De toename in de waarde van ecosysteemdiensten wordt, met name, bepaald door de toename in inkomen (respectievelijk +0,7% en +1,9% in Nederland en de EU26), verandering in landgebruik (toename Moerassen, Dorre gebieden en Bossen; afname Landbouw, Bosland en Grasland) en toename in natuurbescherming (tot doel 30% beschermd). In Europa stijgen de waarden van culturele- (+13%; als gevolg van toename in partiële natuurbescherming en inkomen/consumptie) en leverings- (+5%; als gevolg van toename in inkomen/consumptie) ecosysteemdiensten, terwijl de waarde van regulerings-ecosysteemdiensten daalt (-8%; als gevolg van toename in volledige natuurbescherming)¹⁶ – respectievelijk tot 0,9 miljard euro (+10%), 1,8 miljard euro (+27%) en 2,3 miljard euro (-16%) in Nederland en tot 55,0 miljard euro (+13%), 87,8 miljard euro (+4%) en 73,8 miljard euro (-8%) in de EU26. Typen landgebruik in Nederland met de grootste totale jaarlijkse ecosysteemwaarden zijn Landbouw (2,6 miljard euro [-21%]; 65% levering en 35% regulering), Bossen (1,2 miljard euro [+91%]; 5% levering, 90% regulering en 5% cultureel) en Grasland (0,5 miljard euro [-14%]; 12% levering, 13% regulering en 75% cultureel); in de EU26 zijn dat Landbouw (101,3 miljard euro [-9%]; 74% levering en 26% regulering), Bossen (55,4 miljard euro [+11%]; 12% levering, 78% regulering en 10% cultureel) en Moerassen (23,2 miljard euro [+74%]; 9% levering, 23% regulering en 68% cultureel). De landen met de grootste totale jaarlijkse ecosysteemwaarden in het Beleidsscenario zijn Italië (34,0 mld. euro; -2%), Spanje (29,2 mld. euro; -2%), Zweden (23,3 mld. euro; +11%), Frankrijk (21,9 mld. euro; +3%) en Duitsland (16,2 mld. euro; +0%).

¹⁶ Dit komt voort uit de negatieve coëfficiënt voor 'volledige natuurbescherming' in de *meta-analytic value function* voor regulering, wat een veel voorkomende 'eigenaardigheid' is in *meta-analytic value functions*. Dit kan, bijvoorbeeld, komen doordat in beschermde gebieden geen (kunst)mest

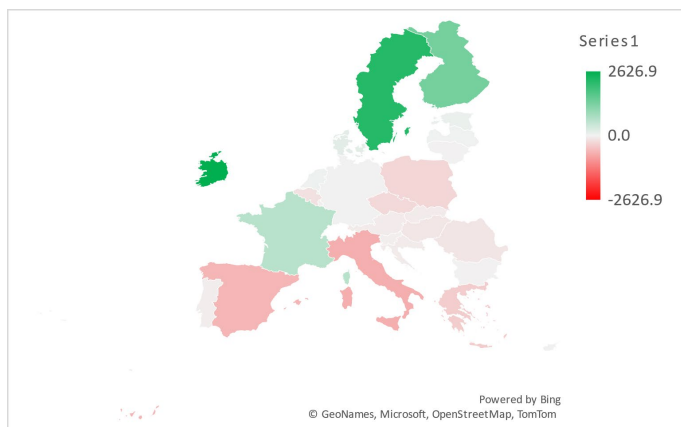


Figuur B9.5 Totale waarde ecosysteemdiensten in EU27 voor Basisjaar 2017(in miljoen euro/jaar)

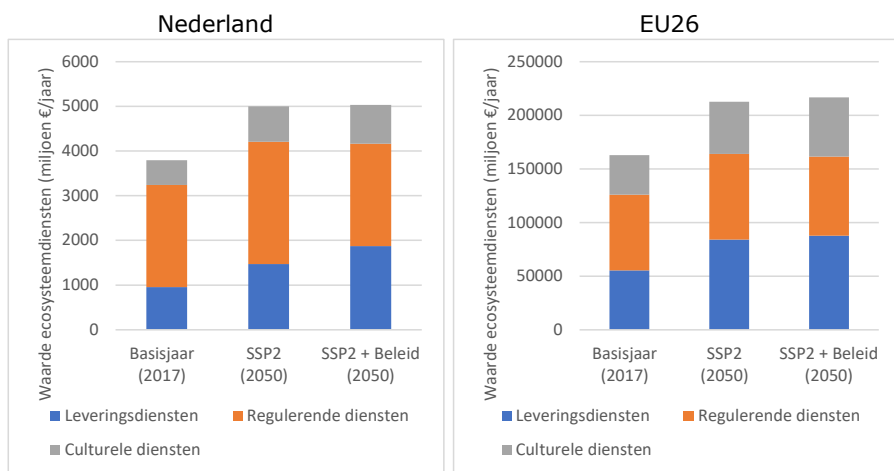


Figuur B9.6 Verandering in totale waarde ecosysteemdiensten in EU27 voor SSP2 (2050) ten opzichte van Basisjaar (2017)-scenario (in miljoen eEuro/jaar)

of pesticiden mogen worden gebruikt (waardoor minder weeldigere begroeiing) of omdat er geen (geselecteerde) kap mag plaats vinden (waardoor minder weeldigere ondergroei).



Figuur B9.7 Verandering in totale waarde ecosysteemdiensten in EU27 voor SSP2 + Beleid (2050) ten opzichte van SSP2 (2050)-scenario (in miljoen euro/jaar)



Figuur B9.8 Totale waarde ecosysteemdiensten per type voor Nederland (links) en EU26 (rechts) in Basisjaar (2017), SSP2 (2050)- en SSP2 + Beleid (2050)-scenario's (in miljoen euro/jaar)

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Social & Economic Research
Postbus 88
6700 AB Wageningen
T +31 (0)317 484 888
E communications.ssg@wur.nl
wur.nl/social-economic-research

Wageningen Social & Economic Research
RAPPORT 2025-093

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
