

Beleidsscenario's voor klimaatmitigatie in landbouw en landgebruik

Resultaten voor de AFOLU-sector in 2035

Jan Peter Lesschen, Eric Arets, Sven van Baren, Ana Gonzalez-Martinez, Roel Jongeneel, Joan Reijs, Marjolein Selten, Thalisa Slier, Theun Vellinga, Luuk Vissers



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Beleidsscenario's voor klimaatmitigatie in landbouw en landgebruik

Resultaten voor de AFOLU-sector in 2035

Jan Peter Lesschen¹, Eric Arets¹, Sven van Baren¹, Ana Gonzalez-Martinez², Roel Jongeneel², Joan Reijs², Marjolein Selten², Thalisa Slier¹, Theun Vellinga³, Luuk Vissers²

1 Wageningen Environmental Research

2 Wageningen Economic Research

3 Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (projectnummer BO-55-001-008).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, juni 2023

Gereviewd door:

Hans Kros (Wageningen Environmental Research)

Akkoord voor publicatie:

Gert Jan Reinds, teamleider van Duurzaam Bodemgebruik

Rapport 3268

ISSN 1566-7197

Lesschen, J.P., E. Arets, S. van Baren, A. Gonzalez-Martinez, R. Jongeneel, J. Reijs, M. Selten, T. Slier, T. Vellinga, L. Vissers, 2023. *Beleidsscenario's voor klimaatmitigatie in landbouw en landgebruik; Resultaten voor de AFOLU-sector in 2035*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3268. 84 blz.; 27 fig.; 18 tab.; 59 ref.

In deze studie zijn beleidsscenario's opgesteld die inzicht geven in de potentie voor vermindering van broeikasgasemissies uit de landbouw- en landgebruik-sector in 2035. De vier scenario's zijn: 1) referentie (KEV 2022), 2) alleen overheidssturing, pessimistisch, 3) alleen overheidssturing, optimistisch en 4) Scenario 3 + aanvullende sturing vanuit private sector. Voor elk beleidsscenario is een inschatting gemaakt van de implementatie van klimaatmitigatie-maatregelen. De resultaten laten zien dat emissies vanuit landbouw en landgebruik in 2035 naar verwachting met 14% (Scenario 2) tot 39% (Scenario 4) kunnen dalen t.o.v. van het referentiescenario. De economische analyse laat zien dat het verlies aan netto toegevoegde waarde groter is bij de aanleverende en verwerkende industrie dan bij de primaire landbouwsector. De doorgerekende scenario's leveren ook baten op, met name vermeden milieuschade (1,6 tot 2,8 miljard euro per jaar). De netto kosten van de maatregelen (5,4 tot 8,5 miljard euro per jaar) wegen echter niet op tegen de netto baten van vermeden milieuschade.

In this study policy scenarios were constructed that provide insight in the potential for greenhouse gas emission reduction in the agriculture and land use sectors in 2035. The four scenarios are: 1) reference (KEV 2022), 2) only public governance, pessimistic, 3) only public governance, optimistic, and 4) Scenario 3 + additional private governance. For each policy scenario an estimate was made of the uptake of climate change mitigation measures. Results show that emissions from agriculture and land use will decrease by 14% (Scenario 2) to 39% (Scenario 4) in 2035 compared to the reference scenario. The economic analysis shows that the loss of net added value is larger at the supplying and processing industry compared to the primary agriculture sector. The scenarios also show benefits in terms of avoided environmental damage (1.6 to 2.8 billion euro per year). The net costs of the measures (5.4 to 8.5 billion euro per year) are nevertheless higher than the benefits of avoided environmental damage.

Trefwoorden: broeikasgasemissie, scenarioanalyse, beleid, landgebruik, klimaatmaatregelen

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/630137> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2023 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3268 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Shutterstock

Inhoud

Verantwoording	5	
Samenvatting	7	
1	Introductie	11
	1.1 Achtergrond	11
	1.2 Doelstelling	12
	1.3 Opzet rapport	12
2	Beleidscontext	13
	2.1 EU-beleid	13
	2.2 Nederlands beleid	16
	2.2.1 Nationaal Klimaatbeleid	16
	2.2.2 Integrale kaders: Coalitieakkoord, Nationaal Strategisch Plan & Nationaal Programma Landelijk Gebied	17
	2.2.3 Overige relevante beleidskaders	19
3	Beleidsscenario's	23
	3.1 Aanpak	23
	3.2 Klimaatmitigatiemaatregelen	24
	3.2.1 Structuurmaatregelen	25
	3.2.2 Veehouderijmaatregelen	26
	3.2.3 Bodemmaatregelen	28
	3.2.4 Bos- en natuurmaatregelen	30
	3.3 Definitie beleidsscenario's	31
	3.3.1 Beleidsscenario's op hoofdlijnen	31
	3.3.2 Structuurmaatregelen in beleidsscenario's	32
	3.3.3 Veehouderijmaatregelen in beleidsscenario's	34
	3.3.4 Bodemmaatregelen in beleidsscenario's	35
	3.3.5 Bos- en natuurmaatregelen in beleidsscenario's	37
	3.4 Methodiek doorrekening beleidsscenario's	39
	3.4.1 AFOLU-raamwerk	39
	3.4.2 Kosten-batenanalyse	43
	3.4.3 Kosten van mitigatiemaatregelen voor landbouwbedrijven	44
4	Resultaten	46
	4.1 Landbouwstructuur	46
	4.1.1 Dieraantallen	46
	4.1.2 Gewasarealen	48
	4.2 Broeikasgasemissies	49
	4.2.1 Landbouw	50
	4.2.2 Landgebruik	52
	4.3 Economische effecten	55
	4.3.1 Productievolumes	55
	4.3.2 Financiële impact op de primaire sectoren	56
	4.3.3 Financiële impact op de toeleverende en verwerkende sectoren	58
	4.3.4 Financiële impact vanwege de bossector	59
	4.3.5 Financiële waardering van de vermeden milieu- en gezondheidsschade	60
	4.3.6 Integraal kosten-batenoverzicht	61

5	Discussie	62
5.1	Kwalitatieve beschouwing van de scenario's	62
5.1.1	Bestuurlijke haalbaarheid	62
5.1.2	Broeikasgasemissie impact andere sectoren	65
5.1.3	Indirecte milieueffecten	67
5.2	Doorkijk naar 2040 en 2050	68
5.2.1	Verdergaande emissiereductie per onderdeel	68
5.2.2	Totale broeikasgasemissie uit landbouw en landgebruik	69
5.3	Impact opkoopregelingen	70
6	Synthese	71
	Literatuur	73
Bijlage 1	Gewasarealen (ha) per scenario	77
Bijlage 2	Broeikasgasemissies (Mton CO₂-eq) per scenario	78
Bijlage 3	Vergelijking NPLG-verkenning	79
Bijlage 4	Dieraantallen per scenario (in indexcijfers; 2020 = 100)	80

Verantwoording

Rapport: 3268

Projectnummer: 5200047506

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Senior onderzoeker

naam: Hans Kros

datum: 19-04-2023

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Gert Jan Reinds

datum: 20-04-2023

Samenvatting

Introductie

In 2021 heeft de EU de ambitie voor de klimaatdoelen verhoogd naar 55% reductie in 2030 t.o.v. 1990. In het eerste voorstel van de Europese Commissie was ook opgenomen dat de emissiesectoren landbouw (excl. energie gerelateerde emissies) en LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry) samengevoegd zouden worden in de Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) beleidspijler. Deze twee sectoren zouden dan samen in 2035 op EU-niveau klimaatneutraal moeten zijn. In de definitieve versie van november 2022 is dit uiteindelijk niet opgenomen, omdat men nog niet vooruit wilde lopen op het klimaatbeleid na 2030.

Ook al is er nu geen specifiek doel voor een klimaatneutrale AFOLU-sector, de noodzaak voor minder emissies uit de landbouw en meer vastlegging in landgebruik om klimaatdoelen te halen, blijft staan. Hiervoor zal het nodig zijn om de vastlegging van koolstof te vergroten, terwijl de broeikasgasemissie moet afnemen. Nederland heeft nu een grote netto-emissie van broeikasgassen, voor zowel landbouw als voor LULUCF, dus AFOLU geldt in Nederland als een netto bron van broeikasgassen. De belangrijkste redenen hiervoor zijn de grote veehouderijsector en emissies van de gedraineerde veengronden. Nederland heeft daarnaast relatief weinig bos, waardoor de emissies maar beperkt gecompenseerd worden door CO₂-vastlegging in bos.

Beleidsscenario's

De doelstelling van dit rapport is het opstellen en kwantificeren van beleidsscenario's die inzicht moeten bieden in de potentie voor vermindering van broeikasgasemissies uit de landbouw- en landgebruik-sector. Voor deze beleidsscenario's wordt uitgegaan van vastgesteld, voorgenomen en geagendeerd beleid en het verwachte effect hiervan op de structuur en bedrijfsvoering in de landbouw. Voor het opstellen van de beleidsscenario's is eerst een analyse gemaakt van de beleidscontext van het voor klimaatmitigatie relevante EU-beleid als het Nederlandse beleid. Het gaat hier om beleid voor zo ver dat bekend was in najaar 2022.

Op basis van deze analyse zijn vier samenhangende beleidsscenario's geformuleerd voor het jaar 2035:

- Scenario 1: Referentie – Dit scenario gaat uit van het huidige vastgestelde beleid. Het is zo veel mogelijk gelijkgesteld aan de ramingen voor 2035 die gebruikt zijn in de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) van 2022.
- Scenario 2: Alleen overheidssturing, pessimistisch – Dit scenario gaat uit van de voorgenomen sturing door het totaal aan overheidsinstrumenten bij een pessimistische inschatting van effectiviteit en implementatiegraad.
- Scenario 3: Alleen overheidssturing, optimistisch – Dit scenario gaat uit van de voorgenomen sturing door het totaal aan overheidsinstrumenten bij een optimistische inschatting van effectiviteit en implementatiegraad.
- Scenario 4: Scenario 3 + aanvullende sturing – Dit scenario gaat uit van de voorgenomen sturing door overheidsinstrumenten zoals in scenario 3, met daarnaast aanvullende sturing op het verlagen van emissies en vastleggen van koolstof door bedrijfsleven en andere maatschappelijke stakeholders.

Aanpak

Voor elk beleidsscenario is een inschatting gemaakt van de implementatie van klimaatmitigatie-maatregelen als gevolg van de voorgenomen beleidsinstrumenten en sturing in het betreffende beleidsscenario. Tabel S1 geeft een overzicht van de maatregelen die in deze studie zijn meegenomen. De maatregelen zijn gegroepeerd op basis van de emissiebron of koolstofpool waar ze op aangrijpen. De maatregelen zijn beschreven inclusief de effecten op broeikasgasemissies, dieraantallen, landgebruik en productiviteit voor zover relevant.

Tabel S1 Overzicht van klimaatmitigatie maatregelen in de landbouw en landgebruik die in deze studie zijn meegenomen.

Maatregelcategorie		Maatregelen
Structuurmaatregelen		<ul style="list-style-type: none"> - Lbv-opkoopregeling - MGA-opkoopregeling - Afwaarderingsregeling
Veehouderij-maatregelen	Methaan-pensfermentatie	<ul style="list-style-type: none"> - Fokken op lage methaanemissie - Laag methaan rantsoen - Voeradditieven
	Methaan-mestopslagen	<ul style="list-style-type: none"> - Mestvergisting - Drijfmest koelen - Methaanoxidatie - Verhoging weidegang
Bodemmaatregelen	Lachgasemissies bodem	<ul style="list-style-type: none"> - Grasklaver en vlinderbloemige gewassen - Stikstofbemesting verlagen - Nitrificatieremmers
	C-vastlegging minerale bodem	<ul style="list-style-type: none"> - Meer blijvend grasland - Meer rustgewassen in bouwplan - Groenbemesters/vanggewassen
	CO ₂ -emissie veengronden	<ul style="list-style-type: none"> - Slooppeilverhoging - Waterinfiltratie (onderwaterdrainage)
Bos- en natuurmaatregelen		<ul style="list-style-type: none"> - Bosuitbreiding - Revitalisering bossen - Voorkomen ontbossing - Landschapselementen

Voor het doorrekenen van de scenario's is gebruikgemaakt van de systematiek zoals toegepast wordt voor de emissieberekeningen in de Nationale Emissierapportage (NIR) en de KEV. Voor de emissies uit de veehouderij en de bodememissies zijn spreadsheetmodellen gemaakt op basis van de activiteiten data en emissiefactoren die in het *National Emission Model for Agriculture* (NEMA) (Van Bruggen et al., 2022) worden toegepast. Wel zijn er op onderdelen versimpelingen gemaakt en zijn er aanpassingen gemaakt om de effecten van alle maatregelen te kunnen bepalen. Voor methaan zijn aangepaste emissiefactoren afgeleid met het GLEAM-model, voor C-vastlegging in minerale bodems zijn berekeningen met het RothC-model gebruikt en voor veenweide de rekentabellen van het SOMERS 1.0-model. Een belangrijke toevoeging t.o.v. van NEMA is het meenemen van de effecten op de productiviteit, zodat voor de economische berekeningen ook inzichtelijk is gemaakt hoe productievolumes veranderen.

Voor de kosten-baten analyse is de 'KOBALAMI'-tool gebruikt; dit rekenmodel bevat een sectorale weergave van het Nederlandse 'agro-complex', dat naast de primaire productie ook de toeleverende en verwerkende industrieën omvat. Daarnaast houdt de tool ook rekening met de negatieve (en positieve) effecten van het landbouwsysteem op het milieu, het klimaat (inclusief het landgebruik) en de biodiversiteit. De monetaire waardering van deze vermeden milieu- en gezondheidsschade is gebaseerd op het werk van CE Delft (2023).

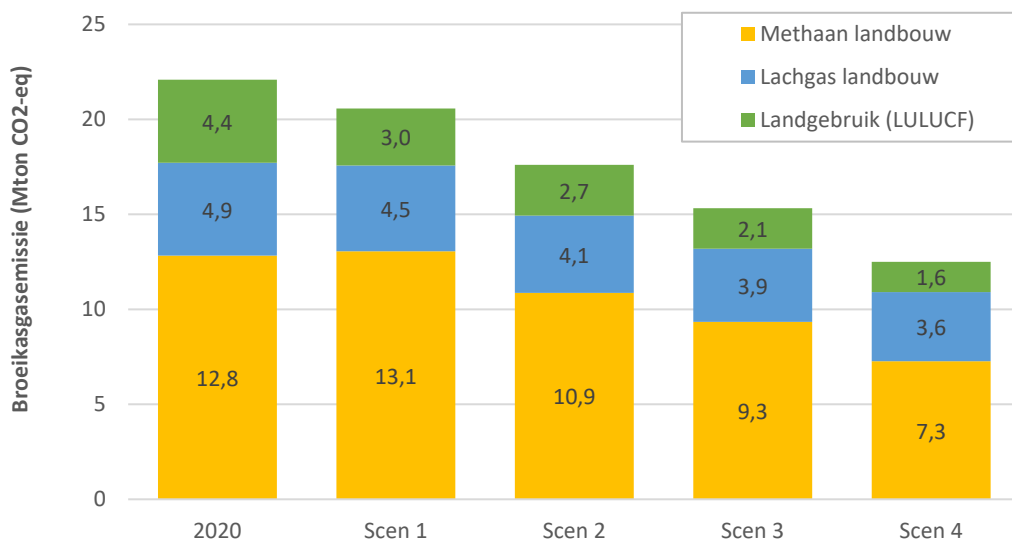
Resultaten en discussie

Tabel S2 laat de ontwikkeling in veestapel en areaal landgebruik zien. De omvang van de veestapel wordt vooral bepaald door de twee opkoopregelingen. In scenario 3 en 4 wordt ervan uitgegaan dat er meer bedrijven kunnen worden opgekocht en is de krimp groter. Het feit dat het aantal varkens en pluimvee relatief harder krimpt dan het aantal melkkoeien heeft te maken met de gehanteerde prijsverhoudingen. Het totale grasland areaal verschilt niet veel tussen de scenario's maar de invulling is wel verschillend met toenemende arealen landschapsgrond en grasklaver in Scenario's 2-4. Dit gaat vooral ten koste van het areaal snijmais. Het totale akkerlandareaal blijft ook ongeveer gelijk, maar ook hier is er een verschuiving met in scenario's 2-4 een afname van het areaal intensieve gewassen, zoals aardappelen en bollen, en toename in het areaal granen en eiwitgewassen.

Tabel S2 Overzicht ontwikkeling veestapel en arealen landgebruik in de scenario's.

	2020	Scenario 1 (2035)	Scenario 2 (2035)	Scenario 3 (2035)	Scenario 4 (2035)
Melkkoeien	1,593 mlj.	-7%	-18%	-27%	-27%
Vleesvarkens	5,536 mlj.	-9%	-36%	-50%	-50%
Leghennen	43,437 mlj.	+1%	-26%	-43%	-43%
Vleeskuikens	44,324 mlj.	-5%	-21%	-34%	-34%
Grasland	977.538 ha	-4%	0%	+1%	+1%
Snijmais	195.756 ha	-10%	-32%	-41%	-44%
Akkerland	641.269 ha	-5%	-5%	-4%	-3%

De resultaten laten zien dat emissies vanuit landbouw en landgebruik in 2035 naar verwachting met 14% (Scenario 2) tot 39% (Scenario 4) kunnen dalen t.o.v. van het referentiescenario. In het 'ontwerp beleidsprogramma klimaat' zijn op basis van het Coalitieakkoord indicatieve restemissies per sector vastgesteld. Voor landbouw is deze 18,9 Mton CO₂-eq in 2030, inclusief glastuinbouw. Voor akkerbouw en veehouderij is de reductieopgave in het kader van het NPLG 5,0 Mton CO₂-eq, wat leidt tot een restemissie voor landbouw (excl. energieverbruik) van 13,6 Mton. In Scenario 2 (14,9 Mton CO₂-eq) wordt dit doel niet behaald, maar in Scenario 3 (13,2 Mton CO₂-eq) en Scenario 4 (10,9 Mton CO₂-eq) wel. Dit zijn echter resultaten voor 2035 en het is de vraag in hoeverre deze emissiereducties al behaald kunnen worden in 2030. Private initiatieven voor emissiereductie, zoals beloning voor verlaging van de carbon footprint, lijken naast het overheidsbeleid dan ook noodzakelijk om de klimaatdoelen voor 2030 te halen.



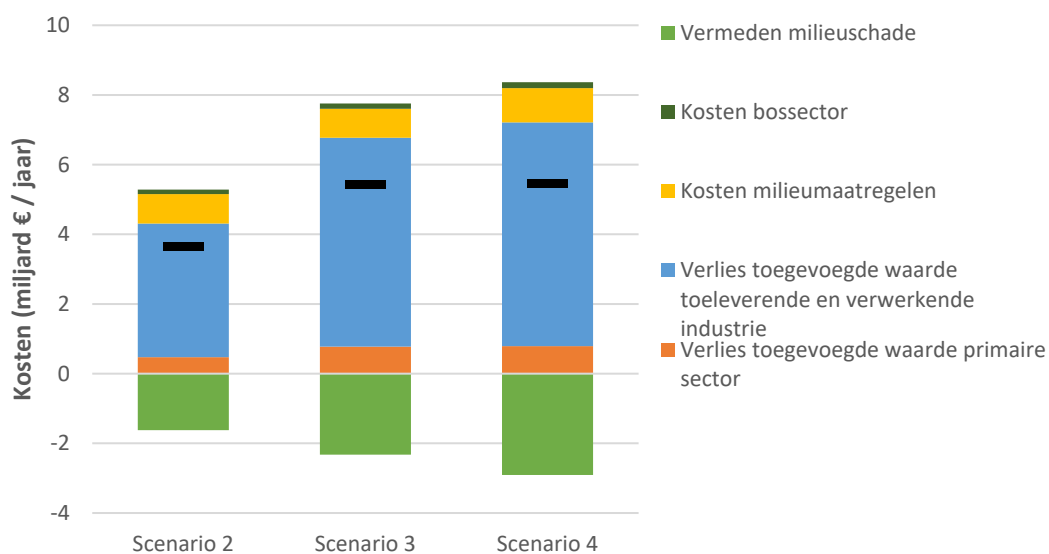
Figuur S1 Overzicht van de totale netto broeikasgasemissie uit de AFOLU-sector in 2035 in de vier verschillende scenario's.

Het restemissie doel voor landgebruik is 1,8-2,7 Mton CO₂ in 2030. Het meest ambitieuze restemissiedoel wordt alleen in Scenario 4 behaald (1,6 Mton CO₂), maar Scenario 2 (2,7 Mton CO₂) en Scenario 3 (2,1 Mton CO₂) vallen wel onder de bovengrens. Voor landgebruik is er vanuit de EU ook een nationaal doel vastgesteld als bijdrage aan de EU-doelstelling van 310 Mton CO₂ netto koolstofverwijderingen per jaar. Nederland mag daarvoor in 2030 nog een maximale emissie van 4,5 Mton CO₂ hebben vanuit landgebruik. Deze doelstelling wordt in alle scenario's ruim gehaald.

In alle doorgerekende scenario's is nog steeds sprake van een flinke restemissie in 2035 vanuit landbouw en landgebruik van 17,6 Mton CO₂-eq in Scenario 2 tot 12,5 Mton CO₂-eq in Scenario 4. Met de ingezette maatregelen kan deze emissie nog wel verder afnemen richting 2050 (tot 10 Mton CO₂-eq in Scenario 4),

maar een klimaatneutrale AFOLU-sector in Nederland komt nog niet in zicht. Als dit op nationaal niveau een doel wordt, zullen meer maatregelen nodig zijn, zoals een verdere krimp van de (rund)veestapel, vergroting van de vastlegging door meer aanplant van bos en mogelijk nieuwe technische maatregelen die emissie verdergaand kunnen verminderen. Deze maatregelen zullen in alle gevallen behoorlijk ingrijpend zijn, niet alleen in de veehouderij maar ook in het landgebruik, waarbij ook economisch, sociale en landschappelijke afwegingen een rol zouden moeten spelen.

Het doorgerekende pakket aan maatregelen in de 4 scenario's zorgt voor een aanzienlijke daling van het productievolume vanuit de Nederlandse landbouw, met name in de veehouderij. Dit heeft aanzienlijke consequenties voor de netto toegevoegde waarde. Het verlies aan netto toegevoegde waarde is groter bij de aanleverende en verwerkende industrie dan bij de primaire landbouwsector. De doorgerekende scenario's leveren ook baten op, met name vermeden milieuschade: deze lopen op van 1,6 miljard in Scenario 2 tot 2,8 miljard in Scenario 4. Ongeveer 60% hiervan is gerelateerd aan vermeden ammoniakemissie. Met de gehanteerde schaduwrijzen wegen de netto kosten van de maatregelen (5,4 tot 8,5 miljard euro per jaar) echter niet op tegen de netto baten van vermeden milieuschade (Figuur S2).



Figuur S2 Netto kosten van de geaggregeerde effecten (inclusief bossector) in 2035 (veranderingen ten opzichte van Scenario 1).

Tot slot is een kwalitatieve beoordeling gegeven van het pakket aan maatregelen naar de bestuurlijke haalbaarheid, de verwachte neveneffecten en mogelijke afwenteling van broeikasgasemissies naar andere sectoren. Dit levert maar een beperkt aantal risico's op en veel maatregelen hebben ook positieve effecten op andere milieuaspecten, met name de bodemmaatregelen. Inpasbaarheid en draagvlak in de sector is voor een deel van de maatregelen nog wel problematisch. Voor veel van de maatregelen geldt dat er nog geen duidelijke sturing is georganiseerd die ervoor gaat zorgen dat ze ook daadwerkelijk worden doorgevoerd, dit geldt met name voor scenario's 3 en 4. Sturing kan zowel komen vanuit de overheid als vanuit het bedrijfsleven.

1 Introductie

1.1 Achtergrond

De doelen die in het Nederlandse Klimaatakkoord van 2019 zijn geformuleerd, sluiten op dit moment niet goed meer aan bij de recente ontwikkelingen. In 2021 heeft de EU de ambitie voor de klimaatdoelen verhoogd naar 55% reductie in 2030 t.o.v. 1990. In het EC-voorstel van juli 2021 wordt voorgesteld dat vanaf 2030 LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*) samengevoegd wordt met de emissie van broeikasgassen uit landbouwactiviteiten, exclusief de energiegerelateerde emissie, in een nieuwe Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) beleidspijler. Hierdoor zouden alle land-gerelateerde emissies en vastleggingen onder één klimaatbeleidinstrument afgedekt worden. Deze AFOLU-beleidsbijler zou in 2035 op EU-niveau klimaatneutraal moeten zijn en na 2035 nettovastlegging realiseren.

In de recente onderhandelingen (november 2022) tussen de Europese Commissie, het Europees parlement en de lidstaten is de Klimaatneutrale AFOLU-doelstelling voor 2035 voorlopig vervallen en zijn er aparte 2030-doelen voor landbouw – als onderdeel van de Effort Sharing Regulation (ESR) – en LULUCF afgesproken. Het is aan de lidstaten zelf om de reductieopgave voor de ESR tussen sectoren te verdelen. Voor LULUCF is nu een EU-doelstelling afgesproken voor netto koolstofverwijderingen in bodem en biomassa tegen 2030 van 310 Mton CO₂ per jaar. Dit is een hogere opgave dan wat eerder was afgesproken met de zogenaamde 'no-debit'-inzet, die overeenkwam met 225 Mton CO₂ per jaar aan netto koolstofverwijderingen. Aangezien de definitieve teksten nog niet beschikbaar zijn, zijn details over de invulling per land op dit moment nog niet bekend.

Ook al is er nu geen specifiek doel voor een klimaatneutrale AFOLU-sector, de noodzaak voor minder emissies uit de landbouw en meer vastlegging in landgebruik blijft staan. Hiervoor zal het nodig zijn om de vastlegging van koolstof te vergroten, terwijl de broeikasgasemissie moet afnemen. Op EU-niveau wijzen de trends nu echter juist de andere kant op, aangezien bossen juist minder koolstof vastleggen (Arets et al., 2021). Nederland heeft nu een grote netto-emissie van broeikasgassen, voor zowel landbouw als voor LULUCF, dus AFOLU geldt in Nederland als een netto bron van broeikasgassen. De belangrijkste redenen hiervoor zijn de grote veehouderijsector en emissies van de gedraineerde veengronden. Nederland heeft daarnaast relatief weinig bos, waardoor de emissies maar beperkt gecompenseerd worden door CO₂-vastlegging in bos.

In het oorspronkelijke EC-voorstel was de opdracht aan de lidstaten om in een update van het Integraal Nationaal Energie- en Klimaatplan (INEK) in 2024 (en in concept in 2023) duidelijk te maken hoe zij gaan bijdragen aan het bereiken van deze nieuwe AFOLU-doelstelling voor 2035. In het recent gesloten akkoord is deze verplichting vervallen en zal de Commissie later zelf met een studie en voorstel komen voor de verdere emissiereductiedoelen voor landbouw en landgebruik na 2030. Desalniettemin blijft er behoefte bij het ministerie om inzicht te hebben in de mogelijke emissiereductie in de landbouw- en landgebruik-sectoren voor de nationale invulling van het klimaatbeleid en het Landbouwakkoord en de onderhandelingen met de Europese Commissie over toekomstige doelen. Dit is met name ook van belang omdat de Klimaat- en Energieverkenning van 2022 (Vonk et al., 2022) nog veel van het voor landbouw en landgebruik relevante geagendeerde beleid niet heeft gekwantificeerd. Het gaat hierbij om beleidsvoornemens zoals het nationaal programma landelijk gebied (NPLG), inclusief de voorgestelde opkoopregelingen, de bossenstrategie en het 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Dit beleid was op de peildatum van 1 mei 2022 nog onvoldoende concreet om te worden doorgerekend in de KEV 2022.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit rapport is het opstellen en kwantificeren van beleidsscenario's die inzicht moeten bieden in de potentie voor vermindering van broeikasgasemissies uit de landbouw- en landgebruik-sector. Voor deze beleidsscenario's wordt uitgegaan van vastgesteld, voorgenomen en geagendeerd beleid en het verwachte effect hiervan op de structuur en bedrijfsvoering in de landbouw. Hiervoor is een inschatting nodig in welke mate beleidsinstrumenten zullen bijdragen aan het toepassen van technische en managementmaatregelen om emissies van broeikasgassen te verminderen.

De scenario's moeten allereerst inzicht leveren in hoeveel emissiereductie de voorgenomen maatregelen kunnen opleveren voor de AFOLU-sector in Nederland. Daarnaast geven de scenario's ook inzicht in de volgende aspecten: a) sociaaleconomisch: wat zijn private en publieke kosten? Wat betekent het voor inkomens in de primaire sector, kosten van overheidsmaatregelen e.d.? Ook macro-economische gevolgen spelen een rol: wat betekent het voor het productievolume, werkgelegenheid en handelsbalans in Nederland; b) bestuurlijk: welke maatregelen zijn eenvoudig in te voeren en geaccepteerd, welke maatregelen zullen op veel verzet stuiten?; c) inzicht in indirecte effecten, wegleffecten m.b.t. emissies en bijv. gevolgen voor biodiversiteit; d) tijdsdimensie van emissiereductie, niet alle maatregelen zijn direct effectief, bijv. aanplant van bos levert pas winst op de langere termijn.

1.3 Opzet rapport

Dit rapport begint met een overzicht van de beleidscontext die relevant is voor het opstellen van de beleidsscenario's. In hoofdstuk 2 wordt het voor klimaatmitigatie relevante EU-beleid als het Nederlandse beleid besproken. Het gaat hier om beleid voor zover dat bekend was in najaar 2022. In hoofdstuk 3 wordt het opstellen van de beleidsscenario's beschreven en de onderliggende klimaatmitigatiemaatregelen. In dit hoofdstuk wordt ook de methodiek die gebruikt is voor de doorrekening van de scenario's toegelicht. In hoofdstuk 4 worden de resultaten getoond voor de beleidsscenario's, waarbij wordt ingegaan op de landbouwstructuur (dieraantallen en landgebruik), de broeikasgasemissies en de socio-economische impact van de scenario's. In hoofdstuk 5 worden de resultaten in een bredere context bediscussieerd, waarbij wordt ingegaan op de bestuurlijke haalbaarheid, de broeikasgasimpact in andere sectoren en de indirecte milieueffecten. Hoofdstuk 6 is ten slotte de synthese met de conclusies en aanbevelingen van deze studie.

2 Beleidscontext

2.1 EU-beleid

Green Deal

De Europese Commissie presenteerde in december 2019 de Europese Green Deal als centraal beleidsprogramma. De Commissie ziet de Green Deal als een economische en verduurzamingsagenda die bijdraagt aan een Europese Unie gericht op een eerlijke en welvarende samenleving met een moderne, duurzame en concurrerende economie. Het hoofddoel van de Green Deal is een klimaatneutrale Europese Unie in 2050, in de context van een integrale aanpak, met daarbij ook aandacht voor de transitie naar een circulaire economie, verduurzaming van het voedselsysteem ('van boer tot bord'), bescherming en herstel van natuurlijke ecosystemen (biodiversiteit) en een hoger niveau van gezondheidsbescherming door verbeterde lucht- en waterkwaliteit (Brink et al., 2021).

De Europese Klimaatwet was de eerste concrete wetgeving die onder de Green Deal tot stand is gekomen. Voor de Europese Unie als geheel legt de wet klimaatneutraliteit in 2050 vast. Dit is een forse aanscherping van het tot dusverre geldende doel van 80-95% broeikasgasreductie in 2050 ten opzichte van 1990. Ook voor 2030 is sprake van een stevige aanscherping, namelijk van 40% naar minstens 55% reductie ten opzichte van 1990.

Nieuw is dat de klimaatdoelen onder de Green Deal netto-doelen zijn, terwijl voorheen alleen emissiereducties van belang waren. Dit betekent dat alle economische sectoren samen uiteindelijk naar nul emissie toe zullen moeten bewegen, met voor de individuele sectoren in 2050 nog een bescheiden rol voor restemissies die door koolstofvastlegging op een natuurlijke manier (in bodems en bossen) of technologische manier (via koolstofopvang en -opslag) worden gecompenseerd.

Fit for 55-pakket

Het Fit for 55-pakket, dat deel uitmaakt van de Europese Green Deal, is erop gericht de uitstoot tegen 2030 met ten minste 55% te verminderen ten opzichte van het niveau van 1990. Het Fit for 55-pakket is gelanceerd door de Europese Commissie en bevat tal van voorstellen om de EU-wetgeving te herzien en bij te werken en om nieuwe initiatieven te introduceren die ervoor zorgen dat het EU-beleid in overeenstemming is met de overeengekomen klimaatdoelstellingen. De Europese Commissie wil met het Fit for 55-pakket een eerlijke, groene en welvarende toekomst voor de economie en samenleving van de EU mogelijk maken en is erop gericht de positie van de EU ten aanzien van de strijd tegen klimaatverandering te ondersteunen.

Het pakket bestaat uit dertien voorstellen; acht herzieningen van bestaande wetgeving en vijf nieuwe voorstellen. De herzieningen hebben betrekking op wetgeving, met name op het gebied van:

- het delen van inspanningen, waarbij strengere reductiedoelstellingen worden vastgesteld voor elke lidstaat in een aantal sectoren, te weten: de bouw, wegvervoer, binnenlands maritiem vervoer, landbouw, afval en kleine industrie;
- hernieuwbare energie, een nieuwe doelstelling van 40% energieverbruik uit hernieuwbare energiebronnen tegen 2030 en versterking van de duurzaamheidscriteria voor bio-energie;
- energie-efficiëntie, waarbij op EU-niveau een ambitieuzer bindend jaarlijks streefcijfer wordt vastgesteld, verhoogd van 32,5 naar 36%;
- emissienormen voor nieuwe auto's en bestelwagens, die vereisen dat de gemiddelde CO₂-emissies van nieuwe auto's tussen 2021 en 2030 met 55% worden verlaagd en tegen 2035 nul zijn;
- emissiehandelssysteem (ETS), waardoor het totale emissieplafond per economische sector wordt verlaagd;
- infrastructuur voor alternatieve brandstoffen, die de toegang tot schone energievoorziening in grote havens en luchthavens voor vliegtuigen en schepen waarborgt; en
- de richtlijn energiebelasting, waarbij de belasting op energieproducten wordt afgestemd op het klimaatbeleid.

Nieuwe voorstellen betreffen onder meer (i) een EU-bossenstrategie om de kwaliteit, kwantiteit en veerkracht van EU-bossen te verbeteren en tegen 2030 drie miljard bomen te planten, en (ii) een sociaal klimaatfonds om burgers te helpen investeringen in energie-efficiëntie, schone mobiliteit alsmede hernieuwbare energiebronnen.

Effort Sharing Regulation (ESR)

De landbouw maakt deel uit van de zogenaamde *Effort Sharing Regulation* (ESR). De ESR betreft de emissies buiten het *Emission Trading System* (emissiehandelssysteem, ETS) om. Het gaat daarbij om de uitstoot van de gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw en de niet-ETS-industrie. Het voorstel uit het Fit for 55-pakket verhoogt de huidige Europese reductiedoelstelling door de emissies voor het jaar 2030 op te schroeven van -29% naar -40% ten opzichte van de emissies in het jaar 2005. De ESR stelt bovendien per lidstaat een jaarlijks (in de tijd aflopend) emissieplafond vast voor de periode 2021-2030.

Biodiversiteitsstrategie

De Europese Biodiversiteitsstrategie (EBS) is een belangrijke pijler van de Europese Green Deal en heeft tot doel de biodiversiteit in Europa uiterlijk in 2030 op het pad naar herstel te zetten aan de hand van twee ontwikkelpaden:

Een samenhangend netwerk van beschermde gebieden

De Europese Commissie stelt als doel om ten minste 30% van het Europese areaal op land en op zee te beschermen. Dit houdt in dat in de EU 4% extra wettelijk beschermd gebied op land zal moeten komen en 19% extra op zee, ten minste een derde van het beschermd areaal (10% van het landareaal en 10% van het zee-areaal). Daarnaast benadrukt de Commissie ook het belang van het investeren in ecologische corridors. In 2024 zal de Commissie beoordelen of de EU op schema ligt om haar doelstellingen voor beschermde gebieden te behalen ofwel dat er behoefte is aan additionele maatregelen, waaronder EU-wetgeving.

Een EU-plan voor natuurherstel

De Commissie stelt een EU-natuurherstelplan voor, bestaande uit uiteenlopende acties en doelstellingen op het gebied van landbouw, vervuiling, bossen, biomassa, energie, zoetwater, mariene ecosystemen, steden en invasieve uitheemse soorten. De Commissie heeft in juni 2022 op basis van een effectbeoordeling een voorstel gedaan voor wettelijk bindende EU-doelen voor natuurherstel. Aanvullende richtlijnen moeten ervoor zorgen dat 30% van de beschermde soorten en habitattypen die nog niet in gunstige staat van instandhouding verkeren dat in 2030 wel doen of een sterke verbetering laten zien. In het kader van het EU-natuurherstelplan hebben lidstaten zich verder gecommitteerd aan het beschermen van habitats en soorten.

De biodiversiteitsdoelstellingen voor gewasbescherming, nutriëntenverliezen, meststoffen en biologische landbouw komen overeen met de *Farm to Fork*-strategie (zie verderop). In aanvulling op de 'van boer tot bord'-strategie stelt de Commissie dat 10% van het landbouwareaal bestemd moet zijn voor landschapselementen en dat de achteruitgang van genetische biodiversiteit moet worden omgebogen. Ook stelt de Europese Commissie dat zij de strategische plannen die lidstaten in het kader van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) moeten indienen mede zal beoordelen op basis van hun bijdrage aan de geformuleerde doelen in de EBS.

Naast deze doelstellingen wil de Commissie dat lucht-, water- en bodemvervuiling wordt tegengegaan. Ook streeft de Commissie ernaar dat in 2030 3 miljard extra bomen zijn geplant en dat alle resterende 'oerbossen' en oude bossen in Europa strikt worden beschermd. Dit zal onderdeel worden van de aangekondigde EU-bossenstrategie.

EU Bossenstrategie

Op 16 juli 2021 heeft de Commissie een nieuwe EU-bossenstrategie gepubliceerd (COM, 2021). Deze benadrukt het belang van bossen in de strijd tegen klimaatverandering en het verlies aan biodiversiteit. Bossen dragen bij aan de netto-verwijdering van broeikasgassen en zijn een belangrijk instrument voor het bereiken van de Europese doelstelling, namelijk 55% vermindering van de emissie van broeikasgassen in 2030. De EU-bossenstrategie bouwt voort op de EU-biodiversiteitsstrategie voor 2030 en vervangt de bestaande strategie uit 2013, waarin doelstellingen waren vastgelegd voor het jaar 2020.

De bossenstrategie bevat onder andere maatregelen gericht op de bescherming en het herstel van bossen, het verbeteren van duurzaam bosbeheer en de controle van Europese bossen. Het stelt maatregelen voor ter bevordering van innovatie en promotie van producten en materialen die een alternatief kunnen bieden voor producten uit fossiele materialen. De strategie wil daarnaast andere economische activiteiten dan houtproductie bevorderen, zoals ecotoerisme. Ten slotte staat het belang van duurzame (her)bebossing centraal: het doel is om in 2030 minstens 3 miljard extra bomen in de EU te planten.

Farm to Fork Strategie

De Farm to Fork (F2F) Strategie stelt dat de voedselketen moet bijdragen aan inclusieve groei, milieu- en klimaatdoelstellingen van de Green Deal. De F2F bevat derhalve een scala aan voorstellen die moeten leiden tot een geïntegreerd, EU-breed, duurzaam, veilig en gezond voedselsysteem, met verdien- en concurrentievermogen en een neutraal of positief effect op het milieu in 2030. De F2F bevat ook kwantitatieve doelstellingen. Zo stelt de EC dat het gebruik en risico van gewasbeschermingsmiddelen en het gebruik van de risicovolste gewasbeschermingsmiddelen in 2030 met de helft moet zijn verminderd. In 2030 moeten bovendien nutriëntenverliezen zijn gehalveerd en moet er 20% minder kunstmeststoffen worden gebruikt. Andere doelstellingen zijn om in 2030 25% van het EU-landbouw areaal biologisch te laten zijn en de verkoop van antibiotica voor landbouwdieren en aquacultuur in de EU te halveren.

EU-certificeringskader voor koolstofverwijdering

Tegen 2030 wil de EU 310 miljoen ton CO₂ per jaar verwijderen door landgebruik. Onlangs heeft de EC de eerste EU-regels gepresenteerd voor het organiseren van een bedrijfs- en verdienmodel voor koolstoflandbouw. Daarmee wordt de eerste juridische stap gezet naar het beperken van de CO₂-emissie, zoals is vastgelegd in de klimaatdoelstellingen van de Green Deal. In de EC-mededeling over Carbon Cycles wordt de nadruk gelegd op acties om koolstoflandbouw als een nieuw en groen verdienmodel naar voren te schuiven voor boeren en tuinders. Carbon farming moet bijdragen aan de opslag van in totaal 42 Mton CO₂ in de bodem van de in totaal te realiseren 310 miljoen ton CO₂-equivalenten.¹ In het voorstel voor het EU-certificeringskader wordt onderscheid gemaakt tussen permanente opslag van CO₂, zoals *carbon capture en storage*, en meer reversibele koolstofopslag. Carbon farming zal waarschijnlijk beschouwd worden als reversibel, waardoor certificaten voor Carbon farming beperkt geldig worden.

Gemeenschappelijk Landbouwbeleid

Op 2 december 2021 werd een akkoord bereikt over de hervorming van het gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB). De nieuwe wetgeving, die op 1 januari 2023 in werking is getreden, zet in op een eerlijker, groener en meer prestatiegericht GLB. Voor de periode 2023-2027 zal het gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB) gebaseerd zijn op tien kerndoelstellingen die de basis vormen voor de strategische GLB-plannen van de EU-lidstaten:

- zorgen voor een eerlijk inkomen voor de boeren,
- het concurrentievermogen vergroten,
- de positie van de boeren in de voedselvoorzieningsketen verbeteren,
- de klimaatverandering bestrijden,
- zorgen voor het milieu,
- landschappen en biodiversiteit beschermen,
- de generatiewissel bevorderen,
- het platteland vitaal houden,
- de kwaliteit van onze voeding en onze gezondheid beschermen,
- kennis en innovatie stimuleren.

De huidige tweepijlerstructuur (inkomensondersteuning en plattelandsontwikkeling) blijft behouden, maar er wordt een flexibelere aanpak gevolgd om de op EU-niveau overeengekomen doelstellingen te verwezenlijken. In de Nationale Strategische Plannen hebben de lidstaten uiteengezet hoe zij verwachten de doelstellingen te realiseren. In plaats van op naleving zal de aandacht hoofdzakelijk zijn gericht op het monitoren van vooruitgang en het waarborgen van de resultaatgerichtheid van de financiering. De overgang van een one size fits all-benadering naar een aanpak op maat betekent dat het beleid en de concrete implicaties ervan dichter worden gebracht bij degenen die de praktische uitvoering ervan verzorgen. Het nieuwe GLB bevat

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0800&from=NL>

een aantal beleidshervormingen ter ondersteuning van de overgang naar duurzame land- en bosbouw in de EU. Deze worden hieronder beschreven.

Het nieuwe GLB stimuleert de landbouwsector een grotere bijdrage te leveren aan de doelstellingen van de Europese Green Deal op basis van de volgende acties:

- Ambitieuze groene ambities: GLB-plannen dienen in overeenstemming te zijn met milieu- en klimaatwetgeving. In het strategische GLB-plan dient elke EU-lidstaat ambitieuzere doelen te stellen ten aanzien van milieu en klimaat in vergelijking met het vorige GLB (geen 'terugval').
- De nationale strategische GLB-plannen dienen bij te dragen aan de overkoepelende Green Deal-doelstellingen (en de eisen op het gebied van vergroening).
- Strengere eisen t.a.v. conditionaliteit²: begunstigen van het GLB zullen aan een strengere reeks verplichtingen moeten voldoen om in aanmerking te komen voor subsidies. Zo zal elke landbouwonderneming ten minste 3-4% van het bouwland opzij moeten zetten voor biodiversiteit en niet-productieve elementen, met de mogelijkheid om dit uit te breiden naar 7% via beschikbare steun vanuit de ecoregelingen. Ook wetlands en veengebieden dienen beschermd te worden.
- Ecoregelingen: ten minste 25% van de begroting voor rechtstreekse betalingen zal worden verdeeld op basis van ecoregelingen, welke sterkere stimulansen bieden voor klimaat- en milieuvriendelijke landbouwpraktijken en -benaderingen (zoals biologische landbouw, agro-ecologie, koolstoflandbouw etc.) en verbeteringen ondersteunen ten aanzien van dierenwelzijn.
- Plattelandsontwikkeling: ten minste 35% van de middelen zal worden ingezet op maatregelen ter ondersteuning van klimaat, biodiversiteit, milieu en dierenwelzijn.
- Operationele programma's: in de groenten- en fruitsector zullen de operationele programma's ten minste 15% van hun uitgaven aan het milieu besteden (vergeleken met 10% tijdens de huidige programmeringsperiode).
- Klimaat en biodiversiteit: 40% van de GLB-begroting moet gericht zijn op het klimaat en 10% van de gehele EU-begroting dient besteed te worden aan het verbeteren van de biodiversiteit.

2.2 Nederlands beleid

2.2.1 Nationaal Klimaatbeleid

Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat

Het Klimaatakkoord (Ministerie van Economische Zaken, 2019) vormt een belangrijk deel van de Nederlandse invulling van het Klimaatverdrag van Parijs. Daarin hebben 195 landen, inclusief Nederland, afgesproken om in 2050 de stijging van de gemiddelde wereldtemperatuur te beperken tot ruim onder 2 graden Celsius, en zo mogelijk 1,5 graden Celsius. Ten tijde van het Klimaatakkoord was de Europese reductiedoelstelling voor 2030 nog -40% t.o.v. 1990 en had het Nationale klimaatakkoord een reductiedoelstelling van 49%. Ondertussen is de Europese ambitie verhoogd met het 'Fit for 55'-pakket dat in juli 2021 werd gepresenteerd.

Hiermee wordt ook in Nederland het streefdoel van 49% reductie in 2030 vervangen door een streefdoel van ten minste 55% reductie en is inclusief emissies uit landgebruik. Om met voldoende zekerheid het aangescherpte doel van 55% reductie ten opzichte van 1990 in 2030 te realiseren, wil het kabinet zich bij de uitwerking van het klimaatbeleid richten op 60% emissiereductie, zodat ook bij tegenvallers de 55% gehaald gaat worden.

De nationale klimaatdoelen zijn vastgelegd in de Klimaatwet. Het kabinet werkt aan een voorstel voor de eerste wijziging van de Klimaatwet, waarmee de oorspronkelijke doelen voor 2030 en 2050 worden aangescherpt. Het doel van 95% reductie in 2050 wordt aangescherpt tot een verplichting voor Nederland om in 2050 de netto-uitstoot van broeikasgassen tot nul te reduceren. De maatregelen om die doelen te halen, zijn beschreven in het Klimaatplan, waarbij er jaarlijks wordt gerapporteerd over CO₂-emissies in de Klimaat- en Energieverkenning (KEV). In het kader van het Klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt met vijf

² In de huidige uitvoeringsperiode van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) moeten landbouwers aan verschillende wettelijke eisen voldoen om rechtstreekse areaalbetalingen uit de eerste en tweede pijler te kunnen aanvragen.

sectoren over de maatregelen die zij zullen nemen om de klimaatdoelen te behalen. Het betreft de volgende sectoren: gebouwde omgeving, landbouw en landgebruik, elektriciteit, industrie en mobiliteit.

In het ontwerp beleidsprogramma Klimaat heeft het kabinet op basis van het Coalitieakkoord indicatieve restemissiedoelen (maximaal vastgestelde uitstoot) in 2030 per sector vastgesteld. Voor landbouw (incl. glastuinbouw) is het restemissie doel 18,9 Mton CO₂-eq en voor landgebruik 1,8-2,7 Mton CO₂-eq. Met deze indicatieve restemissiedoelen wordt ook bijgedragen aan het realiseren van de 'Global methane pledge', waarmee Nederland zich heeft gecommitteerd aan een wereldwijde methaanemissiereductie van 30% in 2030 ten opzichte van 2020 (zie hieronder).

Emissies van broeikasgassen uit de land- en tuinbouwsector zijn sinds 1990 met ongeveer 17% afgenomen. In het Klimaatakkoord was afgesproken dat de sector landbouw en landgebruik zich zal inzetten voor een verdere CO₂-reductie van 3,5 Mton in 2030, met een aanvullende reductie tot 6 Mton. De grootste emissiereducties waren voorzien in de melkveehouderij- en tuinbouwsectoren, met respectievelijk 1,2-2,7 Mton en 1,8-2,9 Mton. Maatregelen die in het Klimaatakkoord genoemd worden om die reductie te realiseren, bestaan onder meer uit de ontwikkeling van duurzame emissiearme stallen, minder bemesting, verlaging van het aantal dieren en aanpassing van diervoeding. De glastuinbouwsector komt in deze studie niet aan bod, omdat deze alleen energiegerelateerde broeikasgasemissies heeft en die worden onder de emissiesector Energie gerapporteerd en valt daarmee niet onder de AFOLU-sector. Het verwarrende is echter dat glastuinbouw in het Nederlandse klimaatbeleid wel onder landbouw meegenomen wordt voor de reductiedoelstellingen.

Met de gebiedsgerichte aanpak van de veenweidegebieden wordt daarnaast ingezet op een CO₂-reductie van 1 Mton in 2030 onder regie van de provincies. Effecten van klimaatverandering zijn per regio verschillend en klimaatadaptatie vraagt daarom om een regionale aanpak, aldus beschreven in het akkoord. Daarnaast wordt ingezet op een extra vastlegging van 0,5 Mton CO₂ per jaar op basis van de huidige circa 1,85 miljoen ha landbouwgrond in Nederland. Die laatste ambitie wil men realiseren door een toename van het organischestofgehalte en een verminderde vorming van lachgas in deze bodems. De aanpak op het gebied van landbouwbodems wordt mede vormgegeven door uitwerking van de bodemstrategie en het bodemprogramma. De uitwerking van beide ambities ten aanzien van de veenweidegebieden en landbouwbodems wordt verderop in dit hoofdstuk toegelicht.

Nationale methaanstrategie

De Nederlandse land- en tuinbouw stootte in 2020 in totaal 14,5 Mton CO₂-eq. aan methaan uit. Dat is 76% van de totale nationale methaanuitstoot in 2020. Van de 14,5 Mton is 1,2 Mton te herleiden naar de glastuinbouw en 13,4 Mton naar de veehouderij en de akkerbouw. In de veehouderij en akkerbouw is methaanuitstoot te herleiden naar stallen, mestopslag, (weide)bemesting, (maag- en darm) fermentatie en mestbewerking. Tijdens de 26^e VN-klimaatconferentie (COP26) hebben landen afgesproken de mondiale uitstoot van het broeikasgas methaan, veroorzaakt door menselijk handelen, terug te dringen met 30% in 2030 ten opzichte van 2020 (de zgn. 'methane pledge'). In de nationale methaanstrategie wordt uiteengezet op welke wijze de Nederlandse methaanuitstoot hieraan zal voldoen.

2.2.2 Integrale kaders: Coalitieakkoord, Nationaal Strategisch Plan & Nationaal Programma Landelijk Gebied

Coalitieakkoord 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst' (2021-2025)

Gegeven de kaders vanuit de EU en zich opstapelende jurisprudentie dat Nederland de EU-regelgeving beter dient na te leven, zet het coalitieakkoord Rutte IV (VVD, D66, CDA, ChristenUnie, 2021) in op natuurbescherming en herstel van de biodiversiteit, in samenhang met perspectief voor de agrarische sector. De aanpak gaat uit van gebiedsspecifieke opgaven voor zowel stikstof als waterkwaliteit, bodem, klimaat en biodiversiteit. Deze gedifferentieerde aanpak zal naar verwachting leiden tot grote aanpassingen in het landelijk gebied. Per gebied zal inzichtelijk worden gemaakt wat de perspectieven zijn voor verschillende vormen van landbouw. Inzet is een transitie naar kringlooplandbouw met een goed verdienmodel, zodat boeren in staat gesteld en maatschappelijk gewaardeerd worden om de benodigde verandering te realiseren. In het coalitieakkoord is verder de ambitie geformuleerd om uiterlijk in 2050 klimaatneutraal te zijn, aansluitend op de aanscherping van de klimaatdoelen in de EU Green Deal.

Voor het terugbrengen van de stikstofuitstoot en -depositie en de daarvoor benodigde transitie van de landbouwsector wordt incidenteel 25 miljard euro gereserveerd. De middelen t/m 2035 komen via een transitiefonds beschikbaar, met daarbinnen een oplopende reeks t/m 2030 van 20 miljard euro. De middelen zijn bedoeld voor het behalen van het aangepaste wettelijke stikstofdoel van 74% onder de kritische depositiewaarde (KDW) in 2030. Daarnaast moet met dit fonds een klimaatopgave van 5 Mton reductie in 2030 gerealiseerd worden. Van 2031 t/m 2035 is jaarlijks 200 miljoen euro uit het fonds bestemd voor natuurverbetering en -herstel, gericht op het voorkomen van een structurele achteruitgang van de natuur.

Nationaal Strategisch Plan

Het Nationaal Strategisch Plan (NSP) van de Nederlandse overheid is de Nederlandse invulling van het nieuwe GLB. Eind 2021 heeft Nederland het NSP ingediend bij de Europese Commissie en zal vanaf 1 januari 2023 van kracht worden. Het Nederlandse NSP is gericht op toekomstbestendig boeren, waarvoor ondersteuning beschikbaar is via verscheidene regelingen en instrumenten die beschikbaar zijn binnen het GLB. Aanvullend daarop biedt het GLB mogelijkheden voor stimulering van duurzaam bodem- en waterbeheer en koolstofvastlegging, via bijvoorbeeld eco-regelingen gerelateerd aan de nationale uitwerking van goede landbouw- en milieucondities.

Daarnaast wordt in het NSP ingezet op het stimuleren van koolstofvastlegging door bomen en andere houtige elementen op landbouwgrond (agroforestry en landschapselementen) vanwege de voordelen die dit biedt voor klimaatmitigatie (zowel CO₂-vastlegging in landbouwbodems als biomassa). Bovendien dragen bomen op landbouwgrond bij aan klimaatadaptatie door het vergroten van de weerbaarheid tegen weersextremen en klimaatgerelateerde ziekten en plagen en voor verbetering van het watervasthoudend vermogen van landbouwbodems.

De strategische inzet van financiële middelen (EU en nationaal) is volgens het Ministerie van LNV als volgt:

- Ondersteuning voor boeren door hun publieke diensten aan klimaat en leefomgeving te belonen met subsidies voor maatschappelijke diensten, voornamelijk via de nieuwe eco-regeling en het agrarisch natuur- en landschapsbeheer. Bij de eco-regeling kan een boer uit een lijst van activiteiten kiezen die bij zijn bedrijfsvoering en interesses passen en bij de doelstellingen voor klimaat, milieu en biodiversiteit. Hoe meer een boer zich wil inspannen, hoe hoger de vergoeding (puntensysteem). Minimaal 25 procent van het eerste pijlerbudget (inkomensondersteuning) van het GLB zal worden gealloceerd aan de eco-regeling.
- Ondersteuning van een gebiedsgerichte aanpak, want ieder gebied heeft zijn eigen uitdagingen en in sommige gebieden wordt van boeren méér gevraagd. Het gaat daarbij met name om het verhogen van het waterpeil in de veenweide en om bufferzones rond Natura 2000-gebieden. Daartoe wordt een overheveling van rechtstreekse inkomenssteun naar tweede pijlermaatregelen (plattelandontwikkeling) voorzien, die oploopt tot 30 procent in 2027. De gebiedsgerichte aanpak vormt samen met de verschuiving naar doelgerichte betalingen een belangrijke omslag bij de invulling van het GLB.
- Ondersteuning voor boeren en andere partijen op het platteland of in de sector om hun landbouwproducten en de keten te vernieuwen om daarmee extra waarde te creëren. Bijvoorbeeld door projectsubsidies voor innovatie, experimenten en duurzame investeringen. Met deze extra waarde kunnen de kosten voor duurzaamheidsinvesteringen meer uit de markt gehaald worden. De landbouw wordt hiermee op termijn minder afhankelijk van publieke financiële middelen om te kunnen verduurzamen.
- Voortzetting van pilots en experimenten gericht op een toekomstbestendige invulling van het GLB.

Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG)

Op 10 juni heeft de overheid de startnotitie van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG) naar buiten gebracht. In het NPLG worden de gebiedsgerichte opgaven voor natuur, stikstof, landbouw, water, bodem en klimaat beschreven. In de notitie worden de doelen, plannen en kaders voor een gebiedsgerichte aanpak om de landbouw in Nederland te hervormen, uiteengezet. Dit programma vormt de basis voor de uitwerking van integrale gebiedsprogramma's door de provincies die in de zomer van 2023 zullen worden gepresenteerd.

In het NPLG staan drie kerndoelen centraal:

- Natuur realiseren van de Europese internationale verplichtingen op het terrein van natuur (met als onderliggend doel de stikstofopgave);
- Water (zie ook 7^e Actieprogramma nitraatrichtlijn, KRW);
- Klimaat (tussendoelen 2030, klimaat neutrale samenleving in 2050).

Een van de landelijke doelstellingen in het NPLG is dat 74 procent van het areaal stikstofgevoelige natuur aan de KDW moet voldoen in 2030. Voor de landbouw (specifiek de veehouderij) betekent dit dat een indicatieve reductie van 39 kiloton NH₃ nodig is. Om dit te realiseren, heeft de minister voor Natuur en Stikstof richtinggevende emissiereductiedoelstellingen per gebied vastgesteld. Ook is in het kader van het NPLG een verdeling gemaakt van de additionele klimaatdoelstelling van 5 Mton uit het Coalitieakkoord.³

2.2.3 Overige relevante beleidskaders

Regionale Programma's Veenweidegebieden

In het Klimaatakkoord is de doelstelling opgenomen dat de veenweidegebieden uiterlijk in 2030 gezamenlijk een reductie in jaarlijkse broeikasgassenuitstoot moeten hebben behaald van 1 Mton CO₂. Voor vermindering van emissies uit veengronden werken de provincies regionale veenweidestrategieën uit en wordt beleid voorbereid dat gericht is op het verminderen van de ontwatering in de veenweidegebieden, wat leidt tot minder CO₂-uitstoot. Subsidie voor infiltratiesystemen of extensivering van de melkveehouderij (via de zogenoemde impuls gelden uit het Klimaatakkoord) zijn voorbeelden van mogelijke beleidsopties. Een regionale veenweidestrategie is een strategie voor de middellange termijn, bedoeld om de koers uit te zetten voor de komende tien jaar (2030) met een doorkijk naar 2050. Regionale veenweidestrategieën zijn tot dusver opgesteld door de provincies Friesland en Utrecht.

Nationale Bodemstrategie

Het Nationaal Programma Landbouwbodems⁴ van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit is gericht op een duurzaam beheer van alle agrarische grond in 2030. Daarnaast is in het Klimaatakkoord een doel van 0,5 Mton CO₂ extra vastlegging in landbouwbodems opgenomen. De volgende maatregelen dragen bij aan de realisatie van de beoogde koolstofvastlegging:

- toename areaal minder intensieve grondbewerking;
- toename areaal van vanggewassen en groenbemesters;
- toename areaal van eiwit- en rustgewassen;
- inzet van organische bodemverbeteraars;
- het stimuleren van het gebruik van organische en andere circulaire meststoffen.

Bijkomende effecten van deze maatregelen zijn versterking van het waterbufferend vermogen, bodemweerbaarheid, vermindering van de gift van stikstofkunstmest. Duurzaam beheerde landbouwbodems zijn ook beter bestand tegen klimaatverandering en ze zorgen voor schonere oppervlakte- en grondwater, een hogere biodiversiteit en vastlegging van koolstof.

Duurzaam bodembeheer speelt een hoofdrol in de transitie naar kringlooplandbouw. De kwaliteit van landbouwbodems staat onder druk door verdichting, een teruglopend organischestofgehalte en gebrek aan bodemleven. Het bodemprogramma bevordert maatregelen om de bodemkwaliteit te verbeteren.

Het nationaal programma landbouwbodems zet in op vier sporen:

- Kennis: ontwikkelen en vervolgens verspreiden onder boeren;
- Beleid: impulsen vanuit het beleid, bijvoorbeeld via het nieuwe EU-landbouwbeleid en het pachtbeleid;
- Agroketens: innovaties in de agroketen om duurzaam bodembeheer aantrekkelijk te maken, bijvoorbeeld via ontwikkeling van lichtere landbouwmachines;
- Regionaal: versterking van initiatieven in de regio ten behoeve van beter bodembeheer.

Structurele aanpak Stikstof

De Wet Stikstofreductie en Natuurverbetering (Wsn) trad op 1 juli 2021 in werking. Hierin is vastgelegd dat in 2035 74% van het stikstofgevoelig Natura 2000-areaal onder KDW moet zijn gebracht. Met het coalitieakkoord heeft het kabinet de huidige wettelijke doelstelling uit de Wet stikstofreductie en natuurverbetering van 2035 naar voren gehaald, naar 2030.

³ Kamerbrief 10 februari 2023, Voortgang integrale aanpak landelijk gebied.

⁴ Kamerbrief over Nationaal Programma Landbouwbodems: <https://edepot.wur.nl/476343>

Om de doelen van deze wet te realiseren, is het Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering⁵ ontwikkeld. In de kern richt dit programma zich op het verbeteren van de natuur. Hierbij staan twee doelen centraal:

- Het verminderen van de stikstofdepositie in stikstofgevoelige natuurgebieden en daarmee te voldoen aan de wettelijke omgevingswaarden die in de Wet natuurbescherming staan.
- De natuur verbeteren door de instandhoudingsdoelstellingen in stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden te halen.

Uit die aanpak is een aantal maatregelen voortgekomen die gericht zijn op het reduceren van de stikstofuitstoot vanuit de landbouwsector. Veel van de maatregelen dragen ook direct of indirect bij aan het verminderen van broeikasgasemissies, met name door beëindiging of extensivering van veehouderijbedrijven.

Nationale Bossenstrategie

De Bossenstrategie⁶ van het Rijk en de provincies zal zorgen voor meer bomen in Nederland en daarmee voor het vastleggen van extra broeikasgassen uit de atmosfeer. Het nieuwe plan is een uitwerking van een afspraak in het Klimaatakkoord. Het doel is om met bomen, bossen en natuur ten minste 0,4 miljoen ton (Mton) CO₂ per jaar uit de lucht te houden, met een streven naar 0,8 Mton CO₂ per jaar. Het Rijk heeft hiervoor € 51 miljoen aan klimaatmiddelen beschikbaar gesteld.

In de komende 10 jaar komt er volgens de strategie 37.000 ha bos bij, een toename met 10%. Rijk en provincies verbinden zich al aan ruim 18.000 ha bos extra. Daarnaast verkennen zij de mogelijkheden om dit verder uit te breiden met 19.000 ha. De strategie zet ook in op een betere kwaliteit en vitaliteit van bestaande bossen. In 2030 heeft Nederland dan meer verschillende soorten bomen van verschillende leeftijden. Zulke bossen zijn beter bestand tegen een veranderend klimaat. Verder zet het Rijk zich in om hoogwaardige toepassingen van hout te stimuleren, bijvoorbeeld in de toepassing voor woningbouw. Dan blijft de koolstof ook langer in het hout opgeslagen.

Aanvalsplan landschapselementen

In 2022 is het 'Aanvalsplan Landschap' uitgekomen.⁷ Het aanvalsplan is een uitwerking van een afspraak uit het Klimaatakkoord. In het aanvalsplan worden ambities, doelen en aanbevelingen gedaan voor een 10% groenblauwe dooradering van het landelijk gebied in 2050. Deze landschapselementen zijn maximaal enkele hectare groot en zullen uiteindelijk uitkomen op 223.700 ha aan landschapselementen. Het doel is om in 2030 50% van de 10% dooradering te hebben gerealiseerd, 65% in 2035 en 100% in 2050. Van de 10% dooradering zal 5% uit houtige elementen bestaan, 2,5% uit watergebonden elementen en 2,5% uit kruidenrijke/dynamische elementen. Dit komt neer op 111.800 ha, 56.000 ha en 56.000 ha respectievelijk voor houtige, watergebonden en kruidenrijke/dynamische elementen. De beleidsmatige verankering en uitvoering zullen via het NPLG, het programma NOVEX (Ministerie van Binnenlandse Zaken, 2022) en het bijbehorende ruimtelijk ordeningssysteem rond de Omgevingswet dienen te worden georganiseerd.

Voorbeelden van houtige elementen zijn singels, bomenrijen, houtwallen, heggen, knotbomen, graften, griendjes en hoogstamboomgaarden. Voorbeelden van watergebonden elementen zijn natuurvriendelijke oevers, poelen, ruigten, slootkanten en sloten. Voorbeelden van kruidenrijke en dynamische elementen zijn kruidenrijke akkerranden en keverbanken. Naast de vele voordelen voor biodiversiteit en andere geleverde ecosysteemdiensten biedt het ook de mogelijkheid tot het vastleggen van CO₂ in met name de houtige elementen (levende biomassa) en in de bodem.

Mestbeleid

Het Nederlandse mestbeleid kent zijn oorsprong in 1984 en is gebaseerd op Europese richtlijnen. In september 2020 heeft de voormalig minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit de contouren van een nieuw mestbeleid gepresenteerd. Met een nieuw mestbeleid wil de Rijksoverheid de waterkwaliteit verbeteren, het meststelsel vereenvoudigen en verduurzamen. Het nieuwe mestbeleid richt zich op drie

⁵ <https://www.aanpakstikstof.nl/documenten/publicaties/2022/12/16/programma-stikstofreductie-en-natuurverbetering>

⁶ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/11/18/uitwerking-ambities-en-doelen-landelijke-bossenstrategie-en-beleidsagenda-2030>

⁷ <https://www.samenvoerbiodiversiteit.nl/aanvalsplan-landschap>

hoofdpijnen: grondgebondenheid, afvoer en verwerking van mest en een gebiedsgerichte aanpak (zie Figuur 1).

Contouren nieuwe mestbeleid:



1. Grondgebondenheid:

- alle geproduceerde mest op eigen grond of op grond van een collega in (regionaal) samenwerkingsverband
- volledig voor melk- en rundvleesveehouderijen
 - veehouders in andere sectoren kunnen hiervoor kiezen



2. Afvoer en verwerking van mest:

- niet-grondgebonden bedrijven zetten alle mest die zij produceren af
- meer transparantie in meststromen
 - professionalisering van de mestverwerkingsketen



3. Gebiedsgerichte aanpak:

- een pakket aan gebieds- en teeltgerichte maatregelen
- voor gebieden waar de waterkwaliteit achterblijft

Figuur 1 Contouren nieuw mestbeleid.

De uitzonderingspositie voor Nederlandse boeren om meer mest te mogen uitrijden dan boeren in andere landen wordt vanaf 2023 in drie jaar afgebouwd. De minister van Landbouw heeft hierover een afspraak gemaakt in Brussel.⁸ Volgens het akkoord mogen de boeren die van de uitzonderingspositie gebruikmaken vanaf 2023 minder mest uitrijden. Vanaf 2026 zijn de regels dan hetzelfde als in andere EU-landen, met een maximum van 170 kg N per ha uit dierlijke mest. Daarnaast zijn in de derogatiebeschikking afspraken gemaakt over aanvullende voorwaarden, waaronder vanggewassen, het aanhouden van bufferstroken, het korten van de gebruiksnormen met 20% in nog aan te wijzen nutriënten-verontreinigde gebieden en een vermindering van de nationale stikstof- en fosfaatexcretie met 10% ten opzichte van 2020.

7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn

De EU Nitraatrichtlijn vereist dat lidstaten elke vier jaar een actieprogramma opstellen waarin de maatregelen beschreven worden die nodig zijn om te voldoen aan het doel van die richtlijn. Het zevende actieprogramma Nitraatrichtlijn⁹ loopt van 2022 tot 2025. Het doel van de Nitraatrichtlijn is het voorkomen en verminderen van waterverontreiniging veroorzaakt door nitraten uit agrarische bron. Het actieprogramma is erop gericht stappen te nemen in het mestbeleid die ervoor zorgen dat de waterkwaliteit in Nederland verbetert, de nitraatconcentratie onder de 50 mg/l komt in het bovenste grondwater, er geen verslechtering van de waterkwaliteit optreedt en een goede landbouwpraktijk wordt bedreven. Hiermee dient ook eutrofiëring van het oppervlaktewater te worden tegengegaan. Daarmee wordt bijgedragen aan het halen van de doelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW), waar het de landbouw betreft. De KRW bepaalt dat in 2027 alle maatregelen moeten zijn genomen die resulteren in chemisch schoon en ecologisch gezond water.

Nationale Eiwitstrategie

De Nationale Eiwitstrategie (2020) heeft tot doel om de zelfvoorzieningsgraad van nieuwe en plantaardige eiwitten te vergroten in de komende 5-10 jaar, op een duurzame manier, die bijdraagt aan de gezondheid van mens, dier en natuurlijke omgeving. Het Ministerie van LNV wil minder afhankelijk zijn van soja-import en het areaal met eiwitgewassen in Nederland vervijfvoudigen naar 100.000 ha. Binnen de strategie zijn de volgende vijf doelstellingen geformuleerd:

- Selectieve inzet op teelt van typisch Nederlandse eiwitrijke gewassen, waaronder aardappelen, gras en vlinderbloemigen zoals veldbonen;

⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2023/01/20/implementatie-derogatiebeschikking-en-zevende-actieprogramma-nitraatrichtlijn>

⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2021/11/26/7e-nederlandse-actieprogramma-betreffende-de-nitraatrichtlijn>

-
- Innovatie en ontwikkeling van alternatieve eiwitbronnen voor mens en dier, zoals microbiële eiwitten en kweekvlees;
 - Insecten als veevoer, voedsel en voor het benutten van reststromen;
 - Benutting van reststromen. De Nederlandse agrarische economie is immers sterk in efficiëntie. Dat betekent dus ook het tegengaan van verspilling en het circulaire gebruik van reststromen. Vooral de nog niet toegestane reststromen diermeel en keukenafval bieden potentieel;
 - Verhogen van het aandeel plantaardige consumptie.

Green Deal Eiwitrijke gewassen

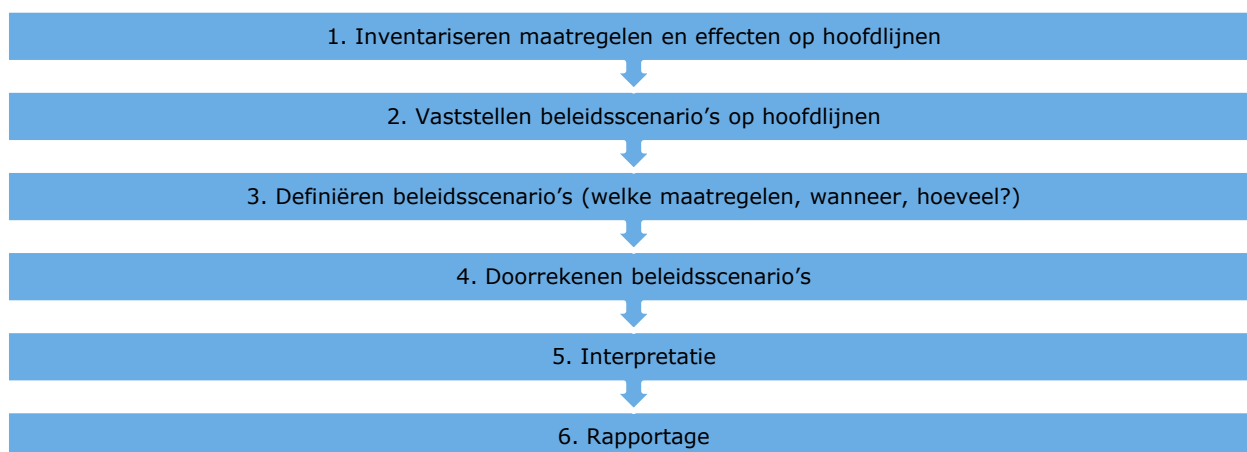
De Green Deal Eiwitrijke gewassen geeft invulling aan de nationale eiwitstrategie en is erop gericht om de zelfvoorzieningsgraad van eiwitten te vergroten. De Green Deal is ondertekend door 75 partijen die zich gezamenlijk zullen inzetten om het areaal eiwitrijke gewassen te vergroten. De Green Deal loopt tot juli 2025.

3 Beleidsscenario's

3.1 Aanpak

Dit project moet inzicht geven in de mogelijkheden van Nederland om bij te dragen aan de Europese klimaatdoelstelling van een klimaatneutrale landbouw en landgebruik (AFOLU) in Europa. Hiervoor zijn vier scenario's ontwikkeld waarin wordt verkend wat het effect is van vastgesteld, voorgenomen en geagendeerd beleid op broeikasgasemissies uit de sectoren landbouw en landgebruik.

Een opgave hierbij is om effecten van bestaande beleidsvoornemens en ontwikkelingen in de praktijk zo goed mogelijk in te schatten. In hoofdstuk 2 is geschetst dat er een groot aantal (beleids)ontwikkelingen spelen die invloed kunnen hebben op emissies van broeikasgassen en vastlegging van koolstof in de Nederlandse AFOLU-sector. De effecten van deze ontwikkelingen interacteren met elkaar. In werkelijkheid zijn er ontelbare uitkomsten mogelijk. Via het definiëren van enkele samenhangende beleidsscenario's kunnen die ontelbare mogelijke uitkomsten worden vereenvoudigd tot enkele hoofdrichtingen. Dit houdt de verkenning behapbaar. Een belangrijke voorwaarde om zinvolle inzichten te leveren, is dat de scenario's logisch en herkenbaar zijn voor beleidsmakers.



Figuur 2 *Stappen in het project om te komen tot een zinvolle verkenning van de mogelijke bijdrage van Nederland aan een klimaatneutrale landbouw en landgebruik in Europa in een beperkt aantal scenario's.*

Om tot een zinvolle verkenning te komen, zijn in dit project de volgende stappen doorlopen (Figuur 2):

1. In stap 1 is op basis van beschikbare literatuur geïnventariseerd welke klimaatmitigatiemaatregelen kunnen worden genomen in de Nederlandse AFOLU-sector. Er is in beeld gebracht wat er bekend is over het reductiepotentieel en de toepassing van deze maatregelen. Zie verder paragraaf 3.2.
2. In de tweede stap zijn vier samenhangende beleidsscenario's geformuleerd. Hierbij is gestreefd naar logische en herkenbare scenario's voor beleidsmakers. Beleidsontwikkelingen zoals beschreven in hoofdstuk 2 zijn als basis gebruikt. Zie verder paragraaf 3.3.
3. In stap 3 is voor elk beleidsscenario een inschatting gemaakt van de implementatie van klimaatmitigatiemaatregelen als gevolg van de voorgenomen beleidsinstrumenten en sturing in het betreffende beleidsscenario. Zie verder paragraaf 3.3.
4. Stap 4 betreft het kwantitatief doorrekenen van de vastgestelde beleidsscenario's met modellen. De resultaten hiervan worden beschreven in hoofdstuk 4. De gehanteerde modellen en methodes staan beschreven in paragraaf 3.4.

5. Stap 5 betreft de interpretatie van de resultaten. Wat betekenen de uitkomsten van de kwantitatieve modellen? Welke andere effecten kunnen worden verwacht bij dit scenario? Wat zijn de beperkingen van de berekeningen? Zie hoofdstuk 4, 5 en 6.
6. Stap 6 betreft de verslaglegging van het onderzoek in dit rapport.

3.2 Klimaatmitigatiemaatregelen

Er zijn vele maatregelen mogelijk in landbouw en landgebruik om broeikasgasemissies te verminderen of koolstofvastlegging te bevorderen. Gebaseerd op de klimaatvelop programma's Integraal aanpakken veehouderij (methaanemissies)¹⁰, Slim Landgebruik (bodempoolvastlegging)¹¹ en Slim Bos en natuurbeheer en recente studies (e.g. Lesschen et al., 2020; Vellinga, 2023; Gies et al., 2023) is een overzicht gemaakt van alle mogelijke mitigatiemaatregelen. De maatregelen zijn uiteindelijk gegroepeerd op basis van de emissiebron of koolstofpool waar ze op aangrijpen.

Tabel 1 geeft een overzicht van de maatregelen die in deze studie zijn meegenomen. In volgende paragrafen zijn de maatregelen kort beschreven, inclusief de effecten op broeikasgasemissies, dieraantallen, landgebruik en productiviteit (voor zover relevant).

Tabel 1 Overzicht van klimaatmitigatiemaatregelen in de landbouw en landgebruik die in deze studie zijn meegenomen.

Maatregelcategorie		Maatregelen
Structuurmaatregelen		<ul style="list-style-type: none"> - Lbv-opkoopregeling - MGA-opkoopregeling - Afwaarderingsregeling
Veehouderij- maatregelen	Methaan- pensfermentatie	<ul style="list-style-type: none"> - Fokken op lage methaanemissie - Laag methaanrantsoen - Voeradditieven
	Methaanmestopslagen	<ul style="list-style-type: none"> - Mestvergisting - Drijfmest koelen - Methaanoxidatie - Verhoging weidegang
Bodemmaatregelen	Lachgasemissies bodem	<ul style="list-style-type: none"> - Grasklaver en vlinderbloemige gewassen - Stikstofbemesting verlagen - Nitrificatieremmers
	C-vastlegging minerale bodem	<ul style="list-style-type: none"> - Meer blijvend grasland - Meer rustgewassen in bouwplan - Groenbemesters/vangewassen
	CO ₂ -emissie veengronden	<ul style="list-style-type: none"> - Slooppeilverhoging - Waterinfiltratie (onderwaterdrainage)
Bos- en natuurmaatregelen		<ul style="list-style-type: none"> - Bosuitbreiding - Revitalisering bossen - Voorkomen ontbossing - Landschapselementen

¹⁰ <https://integraalaanpakken.nl/>

¹¹ <https://www.slimlandgebruik.nl/>

3.2.1 Structuurmaatregelen

In deze studie zijn drie beleidsmaatregelen opgenomen in de categorie landbouwstructuur. Dit zijn o.a. twee stoppersregelingen:¹² 1) Landelijke beëindigingsregeling veehouderij (Lbv-regeling) en 2) gerichte aankoop veehouderijen (MGA-regeling, verschillende tranches) en 3) financiële afwaardering van landbouwgronden. Alle drie de maatregelen zijn voorgesteld in het coalitieakkoord als onderdeel van het stikstoffonds. In het stikstoffonds is in totaal ruim 7,4 miljard euro gereserveerd voor de opkoop van veehouderijen van 2022 en met 2035 (Rijksoverheid, 2021). In deze studie is ervan uitgegaan dat dit budget bestemd is voor de Lbv-regeling en de MGA-regeling en daarvoor ook geheel (Scenario 3 en 4) of gedeeltelijk (Scenario 2) zal worden aangewend. Daarnaast is in het stikstoffonds ruim 6,9 miljard euro gereserveerd voor afwaardering van landbouwgronden (Rijksoverheid, 2021). Hiervan is verondersteld dat dit budget in alle scenario's volledig wordt benut. Zie verdere toelichting hieronder en in paragraaf 3.3.

Lbv-regeling

De Lbv-regeling is een landelijke subsidieregeling voor veehouders die willen stoppen met hun bedrijf of met een locatie van hun bedrijf. Het doel van de regeling is om stikstofdepositie op overbelaste Natura 2000-gebieden te verminderen. Om dit doel te borgen, worden de bedrijfsgebouwen en productierechten van deelnemende veehouders opgekocht en komen de productierechten te vervallen zodat ze niet kunnen worden overgenomen door andere veehouders. Een voorwaarde voor deze regeling is dat de veehouder niet soortgelijke veehouderijactiviteiten op een andere locatie mag verrichten. Het doorhalen van de productierechten heeft tot gevolg dat de dieraantallen (en bijbehorende broeikasgasemissies) in Nederland afnemen. Veehouders nemen vrijwillig deel aan de regeling. Alleen sectoren met productierechten (melkvee, varkens, kippen en kalkoenen) komen in aanmerking voor deze regeling (Overheid.nl, 2022). De subsidie bevat een vergoeding voor de productierechten en een vergoeding voor het sluiten en afbreken van de stallen. De vergoeding van de te vervallen productierechten bedraagt 100% van de marktwaarde en de vergoeding van de stallen bedraagt 100% van de gecorrigeerde vervangingswaarde van de stallen (Overheid.nl, 2022a).

MGA-regeling

De MGA-regeling is een landelijke regeling waarmee provincies budget kunnen verkrijgen om piekbelasters rond Natura 2000-gebieden gericht aan te kopen of te laten beëindigen (Overheid.nl, 2022b). De regeling geldt voor alle veehouderijsectoren. De vergoeding omvat het laten vervallen van de productierechten (indien van toepassing), de waardevermindering van bedrijfsgebouwen of landbouwgrond, de aankoop van bedrijfsgebouwen of landbouwgrond en de gehele of gedeeltelijke sloop van bedrijfsgebouwen. Voor het bepalen van de vergoeding wordt uitgegaan van de marktwaarde of de vermindering in marktwaarde (Overheid.nl, 2022b). Ook deze maatregel leidt tot een afname van de dieraantallen en als gevolg ook van broeikasgasemissies doordat de opgekochte productierechten komen te vervallen.

Financiële afwaardering landbouwgronden

Deze maatregel betreft de afwaardering van landbouwgrond met als doel deze grond te bestemmen voor een extensievere vorm van landbouw. Dit wordt in het coalitieakkoord omschreven als landschapsgrond. Het is aannemelijk dat deze afwaardering gaat plaatsvinden in specifieke gebieden met de grootste stikstof-, bodem- en wateropgaven (bijvoorbeeld nabij Natura 2000-gebieden, langs beekdalen, in waterwingebieden en/of in veenweidegebieden). Op de afgewaardeerde grond zullen waarschijnlijk aanvullende eisen worden gesteld aan de bedrijfsvoering om die extensievere bedrijfsvoering ook te garanderen. De exacte eisen zijn nog niet concreet gemaakt, evenmin als het afwaarderingspercentage dat gehanteerd gaat worden en de voorwaarden waaronder afwaardering zal gaan plaatsvinden.

¹² Inmiddels is er ook een Lbv-plusregeling aangekondigd (Rijksoverheid, 2022). De Lbv-plusregeling betreft een versnelling van de eerder aangekondigde opkoopregelingen gericht op zogenaamde piekbelasters (bedrijven met een relatief grote impact), waarbij deze bedrijven kunnen deelnemen tegen aantrekkelijkere vergoedingen of kunnen kiezen voor alternatieven (verplaatsen of innoveren). Deze Lbv-plus is nog niet meegenomen in de scenario's. Het is ook de vraag in hoeverre deze Lbv-plusregeling tot andere dieraantallen gaat leiden in 2035, als verondersteld wordt dat het totale beschikbare budget voor opkoopregelingen gelijk blijft. Hogere vergoedingen zouden kunnen leiden tot minder op te kopen bedrijven per beschikbare euro. Een andere verhouding van deelnemende sectoren zou kunnen leiden tot meer of minder op te kopen dieren per beschikbare euro.

3.2.2 Veehouderijmaatregelen

3.2.2.1 Methaan-pensfermentatie

Fokken op lage methaanemissie

Er zijn mogelijkheden om via fokkerij dieren te selecteren die een lagere methaanemissie per kg opgenomen voer realiseren. De verwachtingen daarvan variëren, maar op de langere termijn (2050) zijn besparingen van 5-15% van de methaan uit pensfermentatie mogelijk (De Haas et al., 2021). Wel is het mogelijk dat de sturing op lagere methaanemissie kan leiden tot een beperktere stijging van de dierproductiviteit, waar tot nu toe vooral op gefokt wordt. Deze maatregel vergt wel een langere aanlooptijd, aangezien er momenteel nog geen stieren zijn geselecteerd die een lagere methaanemissie per kg voer vererven. Wanneer er geschikte stieren zijn, kan de introductie snel plaatsvinden. Als fokkerijorganisaties zich verbinden aan de selectie van stieren met een lagere methaanemissie, is de uitvoering van de maatregel relatief eenvoudig te organiseren.

Laag methaanrantsoen

De kwaliteit van het voer heeft een groot effect op de methaanuitstoot door vertering. Ten eerste, hoe beter de verteerbaarheid van het voer is, hoe meer de koe de aanwezige energie kan benutten (wat leidt tot minder enterische methaan en meer melk per kg opgenomen voer) en hoe minder organische stof er in de mest terecht komt (wat leidt tot minder methaan uit de mest). Dat blijkt ook uit de modelanalyse van Vellinga en Groenestein (2022). De betere verteerbaarheid heeft in de afgelopen jaren, samen met een hogere voeropnamecapaciteit, geleid tot een daling van de totale methaanemissie per kg melk. Het tweede aspect dat een rol speelt, is het feit dat de methaanemissie per kg opgenomen voer afhankelijk is van het type voer en de kwaliteit van het voer. Door een gerichte keuze van de voedermiddelen in het rantsoen, kan de methaanemissie worden verlaagd. Een reductie tot 10% hierdoor lijkt zeker haalbaar (Bannink pers. med.).

Meer beweiding wordt ook vaak genoemd als mogelijke maatregel om methaanemissie van melkvee te verminderen. De eerste resultaten van beweidingsonderzoek laten een ongeveer 20% lagere methaanemissie zien voor directe opname van gras via beweiding ten opzichte van graskuil. In de meest vergaande vorm kan in het beweidingseizoen (april-november, afhankelijk van weersomstandigheden) de voeropname volledig uit weidegras bestaan. Snijmais is een ander voedermiddel dat een lage methaanemissie geeft. Het wordt al relatief veel gebruikt in met name het zuiden en oosten van Nederland. In een aantal gevallen bestaat er wel een risico op afwentelingen: de emissies van andere bronnen kan toenemen, zoals de footprint van de voedermiddelen zelf, maar ook via lachgasemissies of door ander landgebruik; omzetting van grasland naar snijmais bijvoorbeeld leidt tot verlies aan bodemorganische stof.

Het aanpassen van rantsoen kan relatief snel worden ingevoerd, het vergt beperkte investeringen en aanpassingen aan voortschrijdende inzichten zijn snel te maken. De omstandigheden van het bedrijf, zoals grondsoort en verkaveling, laten het niet altijd toe om goed op de rantsoensamenstelling te sturen.

Voeradditieven

Er is in de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar het gebruik van voeradditieven om de methaanemissie uit de pens te verminderen. Hieruit blijkt dat plantaardige olie (zonnebloemolie, raapolie, lijnolie e.d.), nitraat en 3NOP een blijvend effect hebben en veilig geacht worden voor gebruik. Een 10-30% afname van methaan uit pensfermentatie door toepassing van voeradditieven is mogelijk. Een combinatie van additieven kan mogelijk nog tot sterkere reducties leiden. Dijkstra et al. (2018) noemen een bovengrens van 39%. Het middel 3NOP is inmiddels onder de naam Bovaer® toegelaten op basis van voedselveiligheid en het wordt op praktijkschaal getest. Er is nog geen prijs bekend van het middel, maar de meerkosten per kg melk worden geschat op ongeveer 1 cent. Ook dit is een maatregel die snel ingevoerd kan worden en geen lange termijn investeringen vergt. Er zijn eenvoudig aanpassingen te maken aan voortschrijdende inzichten.

Het gebruik van olie en nitraat maakt aanpassingen aan rantsoenen nodig, er worden immers respectievelijk een erg energie- en een stikstofrijk product toegevoegd. Die aanpassing is niet in alle gevallen mogelijk. Zeker in grasrijke rantsoenen is de toepassing van nitraat lastig te corrigeren. De sturing moet dan komen

uit een verplichting of een stimulering van het gebruik via toeslagen. De controle van de toediening is nog niet helder. De methaanemissie van koeien wordt (nog) niet gemeten en bovendien zijn metingen ook omgeven door grote onzekerheden (Vellinga en De Haan, 2022; Korevaar en Winkel, 2022).

3.2.2.2 Methaanemissie mestopslag

Methaan ontstaat door anaerobe omzetting van organische stof in drijfmest. Door de mestkelders onder de stal kan de methaan ontsnappen. De oplossing wordt gezocht in het frequent (=dagelijks) verwijderen van de mest uit de stal naar een externe, afgesloten opslag, in combinatie met behandeling van de mest. Daarvoor zijn drie methoden in beeld: vergisten, koelen en oxideren. Indien de mest met een zeer hoge frequentie (ca. 1x per uur) en schoon (eventueel met spoelwater) wordt verwijderd, kan ook de ammoniakemissie worden verminderd. De drie methoden kunnen zowel bij runderdrijfmest als varkensdrijfmest worden toegepast.

Het aanleggen van externe mestopslagen vergt aanzienlijke investeringen die alleen haalbaar zijn als er sprake is van nieuwbouw of forse renovatie van rundveestallen. Deze maatregel kan daarom niet snel op grote schaal worden ingevoerd. Als de aanpassingen naar een externe opslag en de aanleg van een koeling of oxidatie-techniek eenmaal zijn gerealiseerd, kunnen deze niet snel weer worden veranderd, tenzij de investeringen versneld worden afgeschreven. Voor alle gebouwen en opslagen is in deze studie gerekend met een afschrijvingstermijn van 25 jaar. De aanname is dat deze ook van toepassing is op bestaande gebouwen. De vervangingssnelheid van de bestaande stallen door nieuwe zal dan een periode van 25 jaar vergen.

Mestvergisting

Mestvergisting is, naast een manier om hernieuwbare energie te produceren in de vorm van biogas, ook een goede methode om methaanemissie te voorkomen. Ook bij vergisting van dierlijke mest is een snelle afvoer uit stal/opslag naar de vergister essentieel. In dat geval kan een groot deel (meer dan 75% t.o.v. niet vergiste mest) van de methaanemissie worden voorkomen (Van der Zee et al., 2021). In het geval de mest langere tijd in de stal aanwezig blijft of in een tussenopslag, is de mate van voorkomen van methaanvorming veel geringer. Deze maatregel is relatief kostbaar en momenteel alleen aantrekkelijk met subsidies. Echter met de huidige hogere energieprijzen en doordat relatief goedkope hernieuwbare energiebronnen niet meer (of minder) gesubsidieerd hoeven te worden, is er dus meer budget voor wat duurdere technieken, zoals mestvergisting. Ook kan de bijmengverplichting voor groen gas op termijn de vraag naar mestvergisting stimuleren. Vergisting is met name voor varkensmest aantrekkelijk, omdat varkensmest een hogere biogasopbrengst heeft vergeleken met rundermest, waar een groter deel van de organische stof al in de koe is afgebroken.

Drijfmest koelen

Naast opslagtijd is temperatuur van belang bij methaanvorming uit drijfmest. Bij een lage temperatuur emitteert minder methaan. De reductie van koelen wordt op basis van de Arrheniusvergelijking ingeschat op 7% per graad Celsius koeling (Sommer et al., 2006). Bij een temperatuur van minder dan 8 graden Celsius is er niet of nauwelijks meer sprake van methaanvorming. De koeling van mest vergt energie, door warmterugwinning en gebruik van hernieuwbare energie kan op termijn de emissie daarvan geheel worden teruggebracht. De mogelijke reductie van methaan uit de mestopslag wordt ingeschat op 25 tot 75% ten opzichte van de huidige situatie.

Methaanoxidatie

Wanneer koelen niet kan of te duur wordt ingeschat, kan ook besloten worden het gevormde methaan te oxideren tot CO₂. Er zijn op dit moment twee technieken om methaan te oxideren: bacteriële omzetting en verbranden. Bacteriële omzetting kan door de lucht door een biofilter of een veldfilter te leiden. Het verbranden gebeurt met een affakkelininstallatie. Afhankelijk van de toegepaste techniek kan dit een reductie opleveren van 60-90% van methaan uit mest.

Verhoging weidegang

Meer beweiding van melkvee zal het mestvolume in de stal verkleinen. Met een kleiner volume zal de methaanemissie uit de stal en mestopslag afnemen en ook de totale emissie, aangezien de methaanemissie uit weidemest erg laag is. De methaanconversiefactor voor weidemest is slechts 1%, terwijl deze voor runderdrijfmest in de stal en opslag 17% is.

Wel is er bij beweiding sprake van een toename van de emissie van lachgas uit urineplekken en meer kans op nitraatuitspoeling. Als de aanwending van dierlijke mest uit de stal wordt meegenomen in de berekeningen, is de lachgasemissie van een kg N uit weidemest 54 gram N₂O, terwijl de lachgasemissie van 1 kg N uit stalmest (inclusief de aanwending) 19 gram N₂O bedraagt. Mogelijk zijn de N₂O-emissiefactoren voor weidemest echter te hoog. De nieuwe IPCC-richtlijnen uit 2019 zijn veel lager (0,6%) vergeleken met de factoren uit 2006 richtlijnen (2,0%). De Nederlandse emissiefactoren zijn gebaseerd op metingen uit de periode 1990-2000; in die periode was het stikstofgehalte in de mest ook veel hoger, dus mogelijk worden deze nu ook overschat. Nieuwe metingen zullen de komende jaren worden uitgevoerd en moeten leiden tot een update van de Nederlandse emissiefactoren voor beweiding.

Meer beweiden kan snel worden geïntroduceerd en vergt beperkte investeringen. Stimuleren van meer beweiding is wel mogelijk en wordt nu ook al deels in de praktijk toegepast met een extra premie. Wel is de registratie van beweiding nog een punt van aandacht (Vellinga en De Haan, 2022) en is (meer) beweiding vanwege verkaveling ook niet altijd mogelijk.

3.2.3 Bodemmaatregelen

3.2.3.1 Minerale landbouwbodems

Het verhogen van het organischestofgehalte van minerale landbouwbodems leidt tot extra opslag van koolstof in de bodem en dus tot het verminderen van het CO₂-gehalte in de atmosfeer. Er zijn veel maatregelen die kunnen bijdragen aan het verhogen van het organischestofgehalte. De drie maatregelen met de meeste potentie in Nederland zijn meer blijvend grasland, meer rustgewassen in het bouwplan en groenbemesters/vanggewassen na de hoofdteelt (Lesschen et al., 2021).

Meer blijvend grasland

Door tijdelijk grasland en snijmais om te zetten naar blijvend grasland, zal er minder grasland worden gescheurd en kan meer koolstof worden vastgelegd in de bodem. Het plan voor grondgebonden melkveehouderij met meer eiwit van eigen bedrijf zou een stimulans kunnen zijn voor melkveebedrijven om een deel van de snijmais om te zetten in grasland. Tegelijkertijd kan dan ook een deel van het areaal tijdelijk grasland worden omgezet in blijvend grasland, aangezien dit niet nodig is voor de wisselbouw met snijmais. Echter met de afschaffing van de derogatie is er ook het risico dat er juist meer snijmais geteeld gaat worden, aangezien de verplichting van minimaal 80% grasland dan ook vervalt. Ook het sturen op eiwitarmere rantsoenen in het kader van de stikstofmaatregelen kan een aanleiding zijn om meer snijmais te telen. Daarentegen zal de invoering van landschapsgronden het aandeel blijvend grasland mogelijk laten stijgen, aangezien dit waarschijnlijk vooral blijvend grasland zal zijn. Ook vanuit Carbon Farming is er een stimulans voor meer blijvend grasland en worden er nu al verschillende projecten voor koolstofcertificaten voor blijvend grasland opgezet.

Meer rustgewassen in bouwplan

Door meer rustgewassen op te nemen in het bouwplan zal de aanvoer van organische stof uit gewasresten toenemen. Met modelberekeningen is bepaald wat de potentie van deze maatregel is wanneer intensieve rooigewassen, zoals aardappelen, bollen en suikerbieten, worden vervangen door wintertarwe (een in Nederland veel voorkomend rustgewas). In Lesschen et al. (2021) is de potentie van deze maatregel berekend op 120 kton CO₂/jaar bij toepassing op 62.000 ha. Deze maatregel heeft met name potentie in regio's met een hoog aandeel intensieve gewassen.

Groenbemesters/vanggewassen

Groenbemesters/vanggewassen worden ingezaaid na de oogst van het hoofdgewas. Groenbemesters dienen de bodemvruchtbaarheid te verbeteren en worden in het na- of voorjaar ondergeploegd, waarbij organische stof in de bodem wordt gebracht en nutriënten tijdens het groeiseizoen geleidelijk beschikbaar komen. Vanggewassen worden ingezaaid om het overschot aan nutriënten na de oogst van het hoofdgewas op te nemen en zo uitspoeling te voorkomen. Groenbemesters/vanggewassen die in Nederland veel worden toegepast, zijn o.a. Engels en Italiaans raaigras, bladrammenas en gele mosterd. In het kader van de vergroeningsregeling van het GLB wordt tevens het gebruik van mengsels gestimuleerd. De keuze van groenbemester is o.a. afhankelijk van perceeleigenschappen, maar ook van de oogstperiode van de

hoofddeelt. Vanggewassen zijn al verplicht gesteld na de maisteelt voor telers op zand en löss, maar op klei en na andere akkerbouwgewassen kunnen nog wel meer groenbemesters worden toegepast.

3.2.3.2 Organische bodems

Organische bodems, veenbodems en moerige gronden zijn een grote bron van CO₂ wanneer het grondwaterpeil dermate laag is dat oxidatie van in de bodem opgeslagen koolstof optreedt. Het verhogen van het grondwaterpeil is daarom een effectieve methode om oxidatie en daarmee de CO₂-emissie te verminderen. De twee voornaamste maatregelen die in Nederland worden toegepast, zijn het verhogen van het slootwaterpeil en waterinfiltratie.

Slootwaterpeil verhogen

Verhoging van het slootwaterpeil is in principe een simpele maatregel, maar is wel sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden (wat is het huidige peil, welke aanpassingen zijn mogelijk in de hydrologische infrastructuur, wat is de impact op de rest van de omgeving). Verhoging van het slootwaterpeil werkt ook niet altijd een-op-een door naar verhoging van het grondwaterpeil in het gehele perceel vanwege verschillen in bodemeigenschappen (o.a. doorlaatbaarheid). Deze maatregel is vooral effectief in Friesland, waar de huidige slootwaterpeilen relatief laag zijn. In West-Nederland zijn de gemiddelde peilen al veel hoger. Gebaseerd op de eerste resultaten van het SOMERS-model (Erkens et al., 2022) leidt een slootwaterpeilverhoging -40 cm naar -30 cm (een verhoging van 10 cm) voor West-Nederland tot een emissiereductie van 16% (van 12 ton CO₂/ha naar 10 ton CO₂/ha). Voor Friesland leidt een slootwaterpeilverhoging van 40 cm (van -80 cm naar -40 cm) tot een emissiereductie van 42% (van 30 ton CO₂/ha naar 17,3 ton CO₂/ha), zie ook Arets et al. (2022a). Gemiddeld voor Nederland wordt een reductie van 35% ingeschat en op basis van het areaal landbouw op veengronden in veenweidegebieden is een emissiereductie van 550 kton CO₂ per jaar mogelijk.

Waterinfiltratie

Onderwaterdrainage

Bij 'klassieke' onderwaterdrainage, ook wel passieve waterinfiltratie genoemd, worden drainagebuizen in het perceel ingebracht die in verbinding staan met de sloot. Vanwege het beperkte verschil tussen slootwaterpeil en drainagediepte zal niet altijd voldoende water infiltreren, waardoor de effectiviteit voor emissiereductie beperkter is vergeleken met drukdrainage. Onderwaterdrainage is ook alleen effectief bij hogere slootwaterpeilen (niet lager dan -50 cm), aangezien anders vooral drainage optreedt en geen infiltratie. Ook in situaties met kwel is onderwaterdrainage niet effectief.

Drukdrainage

Bij drukdrainage, ook wel actieve waterinfiltratie genoemd, worden de onderwaterdrains op een put aangesloten waarin het peil met behulp van een pomp onafhankelijk van het slootwaterpeil opgezet kan worden. Dit betekent dat met name in de zomer het peil hoger gehouden kan worden en de oxidatie meer kan worden tegengegaan. Uit de eerste resultaten van het SOMERS-model (Erkens et al., 2022) blijkt dat drukdrainage veel effectiever is dan gewone onderwaterdrainage. In deze studie is dan ook gerekend met het toepassen van drukdrainage.

3.2.3.3 N₂O-bodememissie maatregelen

De maatregelen voor het verlagen van de N₂O-bodememissies kunnen op twee manieren worden gegroepeerd. Enerzijds gaat het om de verlaging van de N-aanvoer naar de bodem door de stikstofbemesting te verlagen of door stikstofbinding waardoor minder bemesting nodig is. Anderzijds kan de N₂O-emissiefactor worden beïnvloed. Naast de directe N₂O-bodememissie kan ook de indirecte N₂O-bodememissie worden beïnvloed, als maatregelen tot minder nitraatuitspoeling of minder ammoniakemissie leiden. De effecten van de klimaatmaatregelen op de indirecte N₂O-emissie zijn in deze studie meegenomen, maar specifieke maatregelen alleen gericht op vermindering van ammoniak of nitraat uit- en afspoeling zijn niet meegenomen.

Grasklaver en vlinderbloemige gewassen

Vanuit de Nationale eiwitstrategie wordt gestimuleerd om in Nederland meer eiwit zelf te produceren en wordt een toename verwacht van eiwitgewassen. Er is een voorkeur voor vlinderbloemige gewassen,

aangezien deze stikstof uit de lucht kunnen binden en dus minder tot geen kunstmest nodig hebben. In de akkerbouw gaat het dan enerzijds om peulvruchten zoals veldbonen en erwten, maar ook om het voedergras luzerne. Het Nederlandse klimaat is minder geschikt voor de teelt van soja.

In de melkveehouderij is daarnaast klaver een belangrijke stikstofbinder. Een mengsel van gras en klaver kan worden ingezaaid in tijdelijk grasland, maar ook in blijvend grasland zijn er mogelijkheden om met doorzaai klaver in het perceel te krijgen. Tot nu toe is de teelt van grasklaver nog vrij beperkt in Nederland, maar met de hoge kunstmestprijzen wordt het wel aantrekkelijker en wordt de mogelijke opbrengstderving gecompenseerd door de lagere kosten. Twee soorten klaver zijn van belang: witte klaver is vooral te gebruiken in blijvend grasland dat ook regelmatig wordt beweid en rode klaver is een hoog opgaande soort die zeer geschikt voor maaipercelen en tijdelijk grasland (De Wit et al., 2004). In Lesschen et al. (2020) is een inschatting gemaakt dat bij een extensiverings-scenario een reductie van 0,2 Mton CO₂-eq mogelijk is. Het gebruik van grasklaver kan invloed hebben op de opbrengst, op zand en löss is er nauwelijks sprake van opbrengstderving en op kleigronden is de opbrengstderving ongeveer 10%, afhankelijk van de bemesting in de periode voorafgaand aan het gebruik van grasklaver. Bij gebruik van rode klaver op tijdelijk grasland is door het Louis Bolk Instituut juist een kleine toename van de opbrengst gevonden (Prins et al., 2021).

Stikstofbemesting verlagen

Het verlagen van de stikstofbemesting is een simpele maatregel, maar zal in de praktijk niet zomaar genomen worden, aangezien dit vaak ook zal leiden tot een lagere gewasopbrengst. Dit zal dus vooral gebeuren als vanuit het beleid de gebruiksnormen worden aangescherpt. In het 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn zijn echter geen grote aanpassingen in de gebruiksnormen opgenomen. Met de afschaffing van de derogatie zal er wel een verschuiving plaatsvinden (minder dierlijke mest op grasland en snijmais), maar dit zal wel voor een deel gecompenseerd worden door extra kunstmest. Bufferstroken, die nu als verplichting worden opgenomen in het 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn, leiden wel tot een lagere bemesting, aangezien deze bufferstroken niet bemest mogen worden en ook niet meer meetellen voor de mestruimte. Daarnaast kan precisiebemesting een belangrijke maatregel zijn voor het verlagen van de stikstofbemesting, aangezien een betere timing en plaatsing van de bemesting leidt tot een efficiënter gebruik, waardoor de mestgift kan worden verlaagd. Ten slotte is de verwachting dat afwaardering en de introductie van landschapsgrond zullen leiden tot een lagere bemesting, omdat het aannemelijk is dat daarbij ook lagere bemestingniveaus zullen worden vereist.

Nitrificatieremmers

Nitrificatieremmers zijn chemische stoffen die de vorming van nitraat uit ammonium door nitrificerende bacteriën remmen. Hierdoor wordt denitrificatie tegengegaan, wat leidt tot minder lachgasemissie en nitraatuitspoeling. Er zijn al verschillende nitrificatieremmers op de markt, zoals DCD (dicyandiamide) en DMPP (ENTEC). Deze zijn vaak al direct in de kunstmestkorrel verwerkt, maar het is ook mogelijk deze producten toe te voegen aan dierlijke mest. Een meta-analyse van Gilsanz et al. (2016) laat zien dat nitrificatieremmers N₂O-emissies met 30-50% kunnen verlagen. Volgens Kuikman et al. (2010) is in Nederland een potentiële reductie van ongeveer 0,6 Mton CO₂-eq mogelijk. Het toedienen van nitrificatieremmers heeft over het algemeen geen negatief effect op de gewasopbrengsten; dit wordt veroorzaakt doordat het stikstofverlies lager uitvalt, omdat nitraatuitspoeling en denitrificatie verminderen.

3.2.4 Bos- en natuurmaatregelen

Bosuitbreiding

Bomen nemen CO₂ op uit de atmosfeer tijdens de groei en leggen de koolstof vast in biomassa. Door bossen te planten, zal de CO₂ uit de lucht opgeslagen worden in de bomen. De snelheid en hoeveelheid waarmee dit gebeurt, is afhankelijk van boomsoort, groeiplaats en andere abiotische factoren zoals het weer. In Nederland verwijderd een volwassen bos (30 jaar of ouder) gemiddeld netto 4 ton CO₂ per jaar per ha en legt de koolstof vast in biomassa. Deze netto vastlegging is het resultaat van groei (waarbij koolstof wordt vastgelegd) en sterfte (waarbij die weer vrijkomt) en houtoogst (waarbij de koolstof in boombiomassa afneemt, maar die in geogste houtproducten toeneemt). Door bos aan te planten op een locatie waar voorheen geen bos aanwezig was, zal door de groei van dit bos netto CO₂ uit de atmosfeer verwijderd worden.

Revitalisering bossen

Door middel van revitalisering van bossen kan een aftakelend bos met lage productiviteit weer opleven en meer CO₂ op gaan slaan. Op dit moment zijn er twee revitaliseringsmethoden uitgewerkt: revitaliseren van essenopstanden en van holle dennenbossen. Veel essenopstanden in Nederland zijn geraakt door de essentaksterfte, deze zullen na verloop van tijd aftakelen en spontaan gaan verjongen. Door nu al te beginnen met verjongen, kan de periode van verjonging verkort worden, waardoor de staande voorraad zich sneller kan ontwikkelen en de opslag van CO₂ sneller zal toenemen. Holle dennenbossen zijn bossen waar veel gedund is, waardoor de staande voorraad relatief laag is. Daarnaast is er vaak maar weinig verjonging aanwezig. Door klimaatadaptieve boomsoorten aan te planten, kan het bos worden gerevitaliseerd. Dit zorgt voor opslag van koolstof in de nieuwe bomen. Een andere maatregel is het aanplanten van boomsoorten met rijk strooisel. Dit zijn soorten die strooisel hebben met een hogere pH, relatief veel calcium en magnesium en minder lignine. Als gevolg daarvan worden de bodems minder zuur en kan het strooisel makkelijker en sneller verteren en de bosbodem zo een homogeen mengsel van organische stof in de bodem ophoopt. Deze verbeterde mineralenhuishouding zal een productiever en weerbaarder bos opleveren.

Voorkomen ontbossing

Door het voorkomen van ontbossing blijft de CO₂ die is opgeslagen in de bomen in het bos bewaard. Onder ontbossing wordt hier verstaan het kappen van alle bomen en het land een andere bestemming (landgebruik) geven. In een duurzaam beheerd bos kan hout geoogst worden, maar dit valt niet onder ontbossing.

Landschapselementen

Onder landschapselementen wordt op dit moment een groenblauwe dooradering verstaan van elementen die maximaal enkele hectaren in het landelijk gebied beslaan. Deze landschapselementen kunnen opgedeeld worden in drie groepen: houtige, watergebonden en kruidenrijk/dynamische elementen. Deze landschapselementen kunnen koolstof vastleggen in levende biomassa (voornamelijk houtige biomassa) en in bodemkoolstof. De houtige biomassa zal in de eerste jaren voor netto CO₂-opslag zorgen, echter zullen na verloop van tijd (15 jaar) de oogst en bijgroei in balans komen, waardoor er netto geen extra CO₂ opgeslagen zal worden (Lesschen et al., 2021).

3.3 Definitie beleidsscenario's

3.3.1 Beleidsscenario's op hoofdlijnen

Tabel 2 geeft een samenvatting van de logica die als uitgangspunt is gehanteerd bij het opstellen van de vier beleidsscenario's. Deze denklijnen zijn steeds gebruikt om per categorie van klimaatmitigatiemaatregelen een inschatting te maken van de implementatiegraad (in welke mate wordt de maatregel toegepast?) en het effect (welke emissiereductie wordt met de maatregel bereikt?).

Tabel 2 *Overzicht van logica per scenario*

Scenario	Omschrijving
Scenario 1: Referentie	Dit scenario gaat uit van het huidige vastgestelde beleid. Het is zo veel mogelijk gelijkgesteld aan de ramingen voor 2035 die gebruikt zijn in de KEV2022. In deze studie dient dit scenario als de referentie.
Scenario 2: Alleen overheidssturing, pessimistisch	In dit scenario wordt een inschatting gegeven van de verwachte effecten in 2035 van de voorgenomen sturing door het totaal aan overheidsinstrumenten bij een pessimistische inschatting van effectiviteit en implementatiegraad.
Scenario 3: Alleen overheidssturing, optimistisch	In dit scenario wordt een inschatting gegeven van de verwachte effecten in 2035 van de voorgenomen sturing door het totaal aan overheidsinstrumenten bij een optimistische inschatting van effectiviteit en implementatiegraad.
Scenario 4: Scenario 3 + aanvullende sturing	In dit scenario wordt een inschatting gegeven van de verwachte effecten in 2035 van de voorgenomen sturing door overheidsinstrumenten bij een optimistische inschatting van effectiviteit en implementatiegraad plus aanvullende sturing door bedrijfsleven en andere maatschappelijke stakeholders.

Scenario 1 geeft een beeld van de verwachte situatie voor 2035 zoals deze ook is doorgerekend in de KEV2022. In dit scenario zijn de effecten van geagendeerd beleid niet gekwantificeerd en daarmee zijn vele voor klimaatrelevante plannen nog niet meegenomen.

In Scenario's 2 en 3 worden de effecten van dit geagendeerde beleid wel meegenomen. Het gaat dan om de plannen zoals aangekondigd in:

- het Coalitieakkoord
- het Nationale Klimaatakkoord en ontwerp beleidsprogramma Klimaat
- het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG)
- de veranderingen in het GLB (Nationaal Strategisch Plan)
- de Structurele Aanpak Stikstof
- het mestbeleid (o.a. het 7e Actieprogramma Nitraatrichtlijn en het vervallen van derogatie)
- de Nationale Eiwitstrategie
- de Bossenstrategie 2030
- Aanvalsplan Landschapselementen

In scenario 2 en 3 is de impact van bovenstaande beleidsvoornemens op de implementatie en effectiviteit van klimaatmitigatiemaatregelen zo goed mogelijk ingeschat. In Scenario 2 is hierbij een pessimistische (vanuit beleidsoogpunt) inschatting gemaakt van de implementatie en/of effectiviteit van maatregelen en bij Scenario 3 is een optimistische (vanuit beleidsoogpunt) inschatting gehanteerd. De exacte invulling van het pessimistische scenario hangt af van de maatregel, maar over het algemeen is aangenomen dat de implementatie rond de 50% lager is t.o.v. van het optimistische Scenario 3.

In Scenario 4 is Scenario 3 als vertrekpunt genomen en is verondersteld dat er boven op de sturing van de overheid ook vanuit het bedrijfsleven en andere maatschappelijke stakeholders sturing en trekkracht zal worden gerealiseerd om klimaatimpact uit de AFOLU-sector te verminderen. Concreet gaat het hierbij om programma's in het bedrijfsleven gericht op het verminderen van de carbon footprint van producten, om extra koolstofvastlegging onder invloed van Carbon Farming en om extra aanplant van bossen door initiatieven van maatschappelijke stakeholders. Met name in de zuivelsector hebben verschillende bedrijven al langetermijndoelen voor verlaging van de carbon footprint vastgesteld. In onderstaande subparagrafen wordt per maatregelcategorie verder toegelicht welke uitgangspunten zijn gehanteerd.

3.3.2 Structuurmaatregelen in beleidsscenario's

Er zijn in het Coalitieakkoord drie regelingen opgenomen voor opkoop en extensivering: 1) Landelijke beëindigingsregeling veehouderij (Lbv-regeling), 2) gerichte aankoop veehouderijen (MGA-regeling), en 3) financiële afwaardering van landbouwgronden. De uitgangspunten per scenario voor deze drie structuurmaatregelen staan weergegeven in Tabel 3 en worden hieronder verder beschreven.

Tabel 3 Belangrijkste uitgangspunten per scenario voor maatregelen in de categorie structuur.

Maatregel	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3 ¹	Scenario 4 ¹
Lbv-regeling	Nog niet meegenomen in KEV2022	50% budget benut	100% budget benut	100% budget benut
MGA-regeling	1 ^e tranche (970 miljoen) -0,7% melkkoeien en -3,4% varkens	Vergoedings-percentage 120% 75% budget benut	Vergoedings-percentage 100% 100% budget benut	Vergoedings-percentage 100% 100% budget benut
Afwaardering	n.v.t.	grondprijs €90.000/ha	grondprijs €70.000/ha	grondprijs €70.000/ha

¹ De uitgangspunten in Scenario 3 en 4 zijn hetzelfde, aangezien niet wordt verwacht dat sturing vanuit het bedrijfsleven invloed heeft op de twee opkoopregelingen en de afwaarderingsregeling.

Lbv-regeling en MGA-regeling

In het Coalitieakkoord is 7,4 miljard euro geserveerd (periode 2022-2035) voor de opkoop van veehouderijen (Rijksoverheid, 2021). Door de vorige coalitie is al 970 miljoen euro ingezet voor de Lbv-

regeling en 483 miljoen voor de MGA-regeling (voorheen MGO-regeling).¹³ Het budget voor de MGA-regeling is al meegenomen in de KEV2022 (Scenario 1). In de drie andere scenario's is uitgegaan van het totaal gereserveerde budget (7,4 miljard + 970 miljoen). Berekend is hoeveel dieren daarmee kunnen worden opgekocht onder verschillende uitgangspunten. In deze studie is ervan uitgegaan dat 34% van het budget bestemd is voor de Lbv-regeling en 66% voor de MGA-regeling. Deze verdeling is gebaseerd op de nadruk die door de coalitie wordt gelegd op gebiedsprocessen. Voor de Lbv-regeling en de MGA-regeling is de verdeling van het budget over de sectoren gebaseerd op het aandeel van de desbetreffende sector in de totale fosfaatexcretie van de veehouderij. In 2021 had de melkveehouderij een aandeel van 50% in de totale fosfaatexcretie, terwijl het aandeel van de varkenshouderij en de pluimveehouderij respectievelijk 23% en 16% bedroeg (CBS, 2021). In de Lbv-regeling kunnen alleen diersectoren met productierechten deelnemen aan de regeling (Overheid.nl, 2022a). Daarom is het aandeel van de fosfaatexcretie in deze sectoren gecorrigeerd door de andere sectoren buiten beschouwing te laten. De verdeling van het budget over de tijd is gebaseerd op de verdeling van het budget in de tijd van het stikstoffonds; 18% in 2022-2025, 41% in 2026-2030 en 41% in 2031-2035 (Rijksoverheid, 2021).

Voor de doorrekening van de scenario's zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd (zie Tabel 3).

- In Scenario 3 en 4 is verondersteld dat het beschikbare budget voor de Lbv-regeling en MGA-regeling volledig wordt benut.
- In Scenario 2 is verondersteld dat het beschikbare budget voor de Lbv-regeling en MGA-regeling niet volledig wordt benut doordat er gebrek aan interesse is onder veehouders. Beide regelingen gaan uit van vrijwillige deelname door de veehouder (Overheid.nl, 2022a; Overheid.nl, 2022b). In de MGA-regeling zou verplichte deelname kunnen worden ingezet als te weinig piekbelasters vrijwillig aan de MGA-regeling deelnemen (Tiktak et al., 2021). Daarom wordt er in Scenario 2 een groter deel van het beschikbare budget benut voor de MGA-regeling (75%) in vergelijking met de Lbv-regeling (50%).
- In de beleidsstukken wordt een vergoedingspercentage genoemd van 130% voor onteigening van bedrijven. Bij vrijwillige deelname wordt een vergoedingspercentage van 100 gehanteerd (zie paragraaf 0). Aangezien in Scenario 2 een mix van vrijwillige en verplichte deelname is verondersteld voor de MGA-regeling, is een gemiddeld vergoedingspercentage van 120 gehanteerd.
- In Scenario 3 en 4 is verondersteld dat veehouders alleen op basis van vrijwilligheid deelnemen. Er is dus aangenomen dat er voldoende animo is onder de veehouders om deel te nemen aan de regeling. Het vergoedingspercentage bedraagt hierdoor 100% van de marktwaarde (productierechten) of gecorrigeerde vervangingswaarde (stallen).
- In de berekeningen is ervan uitgegaan dat alleen productierechten (indien van toepassing) en stallen worden opgekocht. Er is de veronderstelling gemaakt dat de aankoop van landbouwgronden wordt gefinancierd vanuit het budget dat is geserveerd voor de financiële afwaardering van landbouwgronden.
- De waarde van productierechten is in alle scenario's gebaseerd op de studie van Hoste et al. (2021). In deze studie zijn de pluimveerechten gewaardeerd op € 15 per pluimveerecht, de varkensrechten op € 90 per varkensrecht (gewogen gemiddelde van regio Zuid en Oost/overig) en de fosfaatrechten op € 137/kg fosfaat. Voor het omrekenen van de pluimvee- en varkensseenheid naar productie-eenheid is de omrekening van Rvo (2021) gebruikt. Voor de melkveehouderij is uitgegaan van 52,2 fosfaatrechten per melkkoe (inclusief jongvee). Deze waarde is gebaseerd op de fosfaatexcretie per melkkoe zoals vermeld door RVO (2022) en een melkproductie van 8.625-8.874 kg per melkkoe per jaar.
- Voor het bepalen van de vergoeding van de stallen in de MGA-regeling is ervan uitgegaan dat de marktwaarde van de stallen gelijk is aan de gecorrigeerde vervangingswaarde van de stallen. De waarde van de stallen is gebaseerd op de forfaitaire vervangingswaarde van de stallen zoals vermeld in de conceptversie van de Lbv-regeling (Overheid.nl, 2022a). In dit document is de vervangingswaarde afhankelijk van de leeftijd van de stallen. Op basis van BIN-data is de gemiddelde leeftijd van de stallen per deelsector vastgesteld. Deze leeftijd is gebruikt voor het vaststellen van de waarde van de stallen. De studies van Hoste et al. (2021) en Van Asseldonk (2021) zijn geraadpleegd om het aantal dieren per vierkante meter staloppervlak te bepalen. In de berekeningen is de waarde van de stallen gecorrigeerd voor inflatie. Het inflatiepercentage is daarbij gebaseerd op EU Medium-term Outlook 2020 en bedraagt 2,1% per jaar (met aanpassing van inflatie-inschatting voor Nederland) (Europese Commissie, 2021).

¹³ Kamerbrief 31 augustus 2021, Landelijke beëindigingsregeling veehouderijlocaties (Lbv), Maatregel Gerichte Opkoop (MGO) en grondfonds.

Afwaarderingsregeling

Om afwaardering concreet te maken, is aangenomen dat landbouwgrond van stoppende bedrijven wordt aangekocht door de overheid en dat deze in afgewaardeerde vorm wordt aangeboden aan blijvers in de betreffende gebieden tegen de afgewaardeerde waarde. Ook de grond van blijvende bedrijven wordt afgewaardeerd, zodat deze bedrijven de financiële middelen hebben om afgewaardeerde grond van stoppende bedrijven aan te kopen. De blijvende bedrijven gaan verder met een bedrijf met een lagere veebezetting en landschapsgrond die beperkingen meebrengt in de bedrijfsvoering.

Tabel 4 geeft een overzicht van het aantal afgewaardeerde hectares en doorgehaalde fosfaatrechten door de afwaarderingsregeling. Voor de doorrekening van deze maatregel zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er is uitgegaan van een afwaarderingspercentage van 50. Dit percentage is gebaseerd op de studie van Roosemalen & Savelkoul (2022).
- In het coalitieakkoord is 6,9 miljard euro gereserveerd voor de financiële afwaardering van landbouwgronden (Rijksoverheid, 2021). Bovendien is 811 miljoen euro gereserveerd ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water. Verondersteld is dat ook dit budget benut wordt voor het afwaarderen van landbouwgronden. In alle scenario's wordt ervan uitgegaan dat dit budget volledig wordt benut.
- In Scenario 3 en 4 is een grondprijs van € 70.000/ha gehanteerd. Deze grondprijs is gebaseerd op de gemiddelde grondprijs van landbouwgrond nabij Natura 2000-gebieden en in veenweidegebieden in 2017-2019, gecorrigeerd voor 2,5% inflatie.
- In Scenario 2 is voor de afwaarderingsregeling een grondprijs van € 90.000/ha aangenomen door speculatief gedrag van grondbezitters (ten opzichte van Scenario 3 en 4).
- Ten aanzien van de eisen is verondersteld dat de afgewaardeerde grond alleen gebruikt mag worden als blijvend grasland, waarbij geen kunstmest mag worden gehanteerd en een maximale dierlijke mestgift van 170 kg N per ha. De grasopbrengst is dan ook lager en wordt verondersteld op gemiddeld 7 ton droge stof per ha.
- Verondersteld is dat melkproductie op de afgewaardeerde hectares nog steeds mogelijk is.
- Voor 50% van de koeien op die hectares is verondersteld dat de melkveehouder overschakelt op een extensievere bedrijfsvorm waarbij ook de melkproductie aanzienlijk daalt. Voor deze koeien is een melkproductiedaling van 1500 kg per koe per jaar ten opzichte van het referentieniveau verondersteld. Deze productiedaling is afgeleid van bronnen die productiedaling bij omschakeling naar een biologische bedrijfsvoering in beeld brengen (Evers & De Haan, 2004; Hutschemaekers et al., 2004; Veeteelt, 2009). De effecten hiervan op de methaanemissie zijn ingeschat met het GLEAM model (MacLeod et al., 2018).
- Voor de overige 50% van de koeien is verondersteld dat de melkveehouders de lagere voederwaarde van het gras van de landschapsgrond compenseren met extra krachtvoer zodat de melkproductie per koe gelijk blijft.

Tabel 4 Overzicht van aantal hectares grond afgewaardeerd en doorgehaalde fosfaat- en dierrechten per scenario.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Totaalbudget (miljard €) voor afwaardering grond ¹	n.v.t.	7,736	7,736	7,736
Nettobedrag dat overheid betaalt voor opkoop ha grond	n.v.t.	€45.000	€35.000	€35.000
Totaal aantal hectares af te waarden	n.v.t.	171.911	221.029	221.029
Aantal koeien in extensieve bedrijfsvoering (op afgewaardeerde grond)	n.v.t.	98.877	127.128	127.128

¹ Betreft budget voor afwaarderingsregeling en additioneel budget t.b.v. Kaderrichtlijn water.

3.3.3 Veehouderijmaatregelen in beleidsscenario's

De belangrijkste uitgangspunten per scenario voor maatregelen in de categorie Veehouderij staan weergegeven in Tabel 5. De meeste maatregelen zijn gericht op de melkveehouderij, maar maatregelen om methaanemissies uit mestopslag te verminderen worden ook in de varkenshouderij toegepast. Er zijn op dit moment in het overheidsbeleid geen maatregelen gedefinieerd die actief sturen op gericht toepassen van fokkerij, het gebruik van additieven of het aanpassen van rantsoenen. Er wordt aangenomen dat er vanwege

de stikstofproblematiek wordt gestimuleerd om meer te weiden en om emissiearme stallen te bouwen. In de basissituatie (Scenario 1) is de toename 2% ten opzichte van het huidige aantal uren weidegang (Vonk et al., 2023). In Scenario 2, 3 en 4 is de stijging van het aantal weide-uren respectievelijk 10%, 30% en 50%. Voor het aanpassen van stallen en mestopslagen is ook aangenomen dat veehouders actief worden gestimuleerd, via o.a. subsidieregelingen, om over te gaan naar meer emissiearme stallen. Als de stallen dan worden aangepast om de emissie van ammoniak te verminderen, is het eenvoudig om ook te zorgen dat de emissie van methaan uit opslagen wordt verminderd. In beide gevallen gaat het om snelle afvoer van de mest uit de stal naar een afgesloten externe opslag, waarna de mest wordt vergist, afgekoeld of methaan afgevangen en geoxideerd. In het pessimistische scenario lukt dat bij een derde van de nieuw te bouwen stallen in 2035 en in het optimistische scenario bij twee derde van de nieuw te bouwen stallen.

Bij Scenario 4 komen de initiatieven van de zuivelsector in beeld. Diverse grote zuivelondernemingen sturen actief aan op een sterke verlaging van de broeikasgasemissies in 2030, deze vormen een aanloop naar een netto-nul emissie in 2050, bijv. FrieslandCampina.¹⁴ Om die sterke reductie te realiseren, wordt door zuivelbedrijven sterk gestimuleerd en soms ook financieel ondersteund dat melkveebedrijven maatregelen nemen om de emissies te verminderen. Dat heeft dan zowel betrekking op aanpassingen in rantsoenen, beweiding, fokkerij en het gebruik van additieven. Ook bij beweiding en bij de bouw van nieuwe stallen spelen zij een sterke stimulerende rol. Het uitgangspunt in Scenario 4 is dat programma's van zuivelverwerkers aanpassingen in rantsoenen en fokkerij en het gebruik van additieven op grote schaal tot stand gaan brengen. Ook is verondersteld dat beweiding toeneemt met 50% en alle nieuw te bouwen stallen emissiearm worden, voor zowel methaan als ammoniak, waarbij in 2050 alle stallen emissiearm zijn.

In Scenario 2, 3 en 4 wordt grond die onderwerp is van de afwaarderingsregeling anders gebruikt dan grond waar niets verandert aan de status van de grond. Bedrijven die te maken hebben met de afwaarderingsregeling zijn extensiever, hebben een lagere melkproductie per koe en weiden een aanzienlijk deel van het groeiseizoen het vee zowel overdag als 's nachts. Verondersteld is dat het aantal uren weidegang op landschapsgrond 3000 uur bedraagt. Voor Scenario 2 betreft dat 8,0% van de koeien, in Scenario 3 en 4 betreft het 11,6% van de koeien.

Tabel 5 Belangrijkste uitgangspunten per scenario voor maatregelen in de categorie Veehouderij.

Maatregel	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Fokkerij	0%	0%	0%	100% implementatie, volledige effect bereikt in 2050
Additieven	0%	0%	0%	80% implementatie bij jongvee en melkvee
Rantsoen	0%	0%	0%	100% implementatie, volledige effect bereikt in 2030
Meer beweiding	+2% (902 uur)	+10% (973 uur)*	+30% (1149 uur)*	+50% (1327 uur)*
Stal en mestopslag	0%	33%	66%	100% implementatie, volledige effect bereikt in 2050

* In Scenario's 2-4 wordt additioneel aangenomen dat op gronden die onder de afwaarderingsregeling vallen 3000 uur weidegang hebben.

3.3.4 Bodemmaatregelen in beleidsscenario's

Tabel 6 geeft een overzicht van de uitgangspunten voor de toepassing van de bodemmaatregelen in de verschillende scenario's. In veel gevallen is het huidige en voorgenomen beleid nog niet concreet genoeg om direct de verwachte toepassing en het effect van maatregelen uit af te leiden. Daarom zijn veel van uitgangspunten gebaseerd op inschattingen van de auteurs gegeven de beleidscontext zoals beschreven in hoofdstuk 2.

¹⁴ <https://www.frieslandcampina.com/sustainability/the-climate-plan/>

Tabel 6 Belangrijkste uitgangspunten per scenario voor maatregelen in de categorie Bodem.

Maatregel	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Gras-klaver inzaaien	20.000 ha	60.000 ha	100.000 ha	180.000 ha
N-bindende eiwitgewassen	0 ha extra	10.000 ha extra	20.000 ha extra	30.000 ha extra
Meer blijvend grasland	0 ha extra	15.000 ha extra	20.000 ha extra	25.000 ha extra
Meer rustgewassen	0 ha extra	15.000 ha extra	30.000 ha extra	50.000 ha extra
Groenbemesters/vanggewassen	Conform KEV 2022 (287 kha)	80% van potentieel areaal (396 kha)	90% van potentieel areaal (412 kha)	100% van potentieel areaal (436 kha)
Verlagen N-bemesting (gemiddeld voor grasland en akkerland)	Conform KEV2022	-15 kg N/ha	-20 kg N/ha	-25 kg N/ha
Nitrificatieremmers	0%	0%	0%	50% van alle kunstmest
Peilverhoging naar -40 cm	In Friesland conform KEV2022	50% van nationaal potentieel	80% van nationaal potentieel	100% van nationaal potentieel
Waterinfiltratie/drukdrainage	In Utrecht conform KEV2022	50% van nationaal potentieel	80% van nationaal potentieel	100% van nationaal potentieel

Grasklaver is op dit moment nog geen aparte categorie in de Basisregistratie percelen, waardoor het huidige areaal niet precies bekend is. Op basis van het areaal biologische landbouw schatten we in dat er in 2020 ongeveer 20.000 ha grasklaver was. Gezien de huidige hoge kunstmestprijzen en mogelijke stimulans vanuit de eco-regeling wordt aangenomen dat het areaal grasklaver zal toenemen. Vanuit de melkveehouderijsector is er daarnaast de stimulans om de carbon footprint van melk te verlagen en door gebruik te maken van klaver in plaats van kunstmest, worden de lachgasemissies verlaagd en daarmee de carbon footprint. In Scenario 4 gaan we uit van een maximale toepassing van grasklaver op 130.000 ha tijdelijk grasland (ongeveer 75% van het areaal tijdelijk grasland), waar het makkelijk is om klaver toe te passen, en 50.000 ha bij blijvend grasland. De nationale eiwitstrategie en Green Deal eiwitrijke gewassen wil extra teelt van vlinderbloemige gewassen stimuleren. Een kwantitatief doel is niet gegeven, maar een flinke toename t.o.v. het huidige areaal van ongeveer 10.000 ha wordt wel verwacht. In de KEV is geen toename verondersteld, maar voor Scenario's 2-4 is een toename van 10.000 tot 30.000 ha extra aangenomen. Hiervan is 50% peulvruchten (veldbonen en erwten) en 50% luzerne dat als veevoer wordt gebruikt.

Blijvend grasland wordt gestimuleerd vanuit het GLB als een van de eco-activiteiten, als oplossing voor meer eiwit van eigen land, toepassing van kruidenrijkgrasland en vanuit private initiatieven voor koolstofcertificaten. Vanwege overlap met de maatregelen landschapsgrond en grasklaver, is het extra areaal blijvend grasland wel beperkt ingeschat, variërend van 15.000 tot 25.000 ha extra. Door de afschaffing van de derogatie is het nog wel erg onzeker of deze toename haalbaar is, aangezien de voorwaarde van minimaal 80% grasland hiermee ook vervallen is, waardoor boeren weer meer snijmais gaan telen.

Vanuit het 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn wordt de teelt van een rustgewas verplicht gesteld op zand- en lössgronden. In eerste instantie minimaal eens in de vier jaar, maar vanaf 2027 eens in de drie jaar. In de eco-regeling is de teelt van minimaal 1 op 3 jaar een rustgewas ook opgenomen. (Semi)private initiatieven, zoals koolstofcertificaten, teelt van gewassen voor biobased bouwmaterialen en de biodiversiteitsmonitor akkerbouw kunnen een verdere stimulans voor rustgewassen betekenen. In Scenario 4 is daarom een groter areaal rustgewassen (50.000 ha extra) opgenomen.

Voor groenbemesters/vanggewassen is gebruikgemaakt van de berekende potentie voor C-vastlegging uit Lesschen et al. (2021). Het huidige gebruik van groenbemesters/vanggewassen is vanuit verplichtingen vanuit de Nitraatrichtlijn en vanuit de GLB-vergroeningseisen de afgelopen jaren al flink toegenomen, maar 350.000 ha in 2021. Het maximale areaal waar groenbemesters kunnen worden toegepast, is geschat op 440.000 ha (Lesschen et al., 2021), aangezien groenbemesters niet bij alle teelten kunnen worden toegepast of gewassen worden te laat geogst voor de teelt van een groenbemester. Dit areaal is toegepast voor Scenario 4 en voor Scenario 2 en 3 is een lagere toepassing verondersteld.

Voor de maatregel verlagen N-bemesting gaan we uit van een effect van 15 kg N minder in Scenario 2 tot 4 kg N minder in Scenario 4. Het gaat hierbij om een gemiddelde verlaging over zowel grasland als

bouwland. Grotendeels volgt dit uit maatregelen in het 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn, waarbij minder bemesting mogelijk is door toepassing van bufferstroken, meer rustgewassen worden geteeld met mogelijk lagere N-mestgiften, afschaffing gebruiksnorm voor groenbemesters. Daarnaast kan ook verdere toepassing van precisiebemesting leiden tot lagere N-giften.

Voor nitrificatieremmers is aangenomen dat ze alleen in Scenario 4 worden toegepast, aangezien er vanuit overheidsbeleid nog geen directe stimulans is om deze toe te passen. Vanuit sectorinitiatieven om de carbon footprint te verlagen, komt er waarschijnlijk wel een stimulans. We gaan ervan uit dat de nitrificatieremmers voorlopig alleen worden toegepast in kunstmest, waarbij de inhibitor tijdens de productie als een coating kan worden toegevoegd.

Voor de veenweidemaatregelen peilverhoging en waterinfiltratie is aangesloten bij de berekeningen die voor de KEV 2022 zijn gemaakt. Hierbij wordt in de veenweidestrategie van Friesland vooral uitgegaan van peilverhoging, terwijl in Utrecht wordt ingezet op waterinfiltratie. Aangezien voor de andere veenweideprovincies nog geen plannen beschikbaar waren, is aangenomen dat Groningen en Overijssel ook met name inzetten op peilverhoging en Zuid-Holland en Noord-Holland op waterinfiltratie, aangezien in deze provincies de gemiddelde slootwaterpeilen al hoger zijn. Alleen in Scenario 4 wordt uitgegaan van de volledige potentie, aangezien er tot nu toe nog onvoldoende publieke fondsen beschikbaar zijn voor en er dus ook vanuit private partijen financiering nodig is. Dit gebeurt nu ook al via meerdere projecten vanuit de vrijwillige koolstofmarkt (Valuta voor veen).

3.3.5 Bos- en natuurmaatregelen in beleidsscenario's

Tabel 7 geeft de belangrijkste uitgangspunten per scenario weer voor de maatregelen in de categorie Bos en natuur. Voor bomen, bos en natuur is in de KEV 2022 (Scenario 1) nog weinig van de Bossenstrategie meegenomen. Enkel een deel van de doelstelling voor bosuitbreiding binnen het Natuurnetwerk Nederland (NNN) is hier meegenomen. Voor dit deel hadden de provincies al concretere programma's opgesteld waarvoor ook de benodigde financiering middels de regeling specifieke uitkering Programma Natuur (SPUK) beschikbaar is. Ook de compensatie voor ontbossing zoals die in de Bossenstrategie staat opgenomen, werd in de KEV 2022 als voldoende onderbouwd gezien om mee te nemen in de verkenning. Op het moment van samenstellen van de vier scenario's voor bos- en natuurmaatregelen waren er nog geen verdere concrete beleidsvoornemens en financieringsinstrumenten beschikbaar voor een meer gerichte inschatting voor het realiseren van de doelstellingen uit de Bossenstrategie. Zo miste nog een programmering met vastgelegde te realiseren oppervlaktes per provincie en was ook financiering van bosuitbreiding buiten het NNN nog niet gedekt. Daarom is er hier nu voor gekozen om vier contrasterende scenario's te geven waarmee de te verwachten klimaateffecten bij verschillende mate van implementatie van de Bossenstrategie en het aanvalsplan landschapselementen worden gegeven.

Tabel 7 *Belangrijkste uitgangspunten per scenario voor maatregelen in de categorie Bos en Natuur in hectares gerealiseerd in 2030.*

Maatregel	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Compensatie ontbossing	3.400	2.720	3.400	3.400
Meer bos binnen het NNN	10.000	9.900	15.000	15.000
Meer bos buiten het NNN	-	8.000	11.800	19.000
Verhogen vitaliteit van bos	-	16.000	24.000	40.000
Landschapselementen*	-	58.162	87.243	145.405

* Additioneel areaal landschapselementen in het totale landelijk gebied, niet alleen op landbouwgrond.

Bij de doorrekening wordt ervan uitgegaan dat maatregelen vanaf 2023 gelijkmatig over de jaren worden geïmplementeerd en in 2030 de in Tabel 7 gegeven oppervlakte bereiken. In de periode 2030-2035 worden geen extra hectares gerealiseerd, maar voor de doorrekening wordt wel de C-vastlegging in die periode meegenomen.

Compensatie ontbossing

De compensatiemaatregel zoals genoemd in de Bossenstrategie behelst de bebossing in gebieden binnen het Natuurnetwerk Nederland (NNN) als compensatie van bos dat in het kader van het beheer van Natura 2000-gebieden wordt omgevormd naar andere natuur. Met terugwerkende kracht vanaf 2017 wordt verwacht dat het tot 2030 om 3400 ha zal gaan waarvoor eerder ontheffing van de compensatieplicht gold. In Scenario 1 (KEV 2022) wordt ervan uitgegaan dat dit wordt gehaald in 2030. In het pessimistische Scenario 2 gaan we ervan uit dat dit voor 80% wordt gerealiseerd, terwijl in Scenario's 3 en 4 weer het volledige areaal van 3400 ha wordt gehaald.

Meer bos binnen het NNN

Doelstelling in de Bossenstrategie is om naast de boscompensatie ook 15.000 ha extra bos binnen het Natuurnetwerk Nederland (NNN) te realiseren. Er wordt van uitgegaan dat dat budgetneutraal mogelijk is met de middelen die voor inrichting van het NNN al beschikbaar zijn. De verantwoordelijkheid voor invulling van deze opgave ligt met name bij de provincies en het Rijk. Verwacht wordt dat deze bosuitbreiding binnen het NNN gemakkelijker zal zijn dan bosuitbreiding buiten het NNN, omdat het al natuurgebieden zijn, of op zijn minst al die bestemming hebben. Tevens zijn NNN-gebieden vaker in handen van grotere terreinbeherende organisaties of overheidsinstanties waardoor de grond niet maar aangekocht hoeft te worden. In de KEV 2022 (zie Hammingh et al. (2022), met specifieke ramingen voor landgebruik in Arets et al. (2022a)), is geschat dat met de uitvoering van de regeling specifieke uitkering Programma Natuur (SPUK) en de bijhorende provincieplannen 10.000 ha bosuitbreiding binnen het NNN gerealiseerd wordt. In het pessimistische Scenario 2 gaan we ervan uit dat uitvoering tegenvalt en in 2030 slecht 66% (9.900 ha) gerealiseerd wordt. In het optimistische Scenario 3 gaan we ervan uit dat de volledige 15.000 ha gerealiseerd wordt. Invulling wordt hoofdzakelijk vanuit de provincies gecoördineerd, waarvoor afspraken met terreinbeherende organisaties worden gemaakt. Daarom is er hier van uitgegaan dat er in Scenario 4, ten opzichte van Scenario 3, geen additionele uitbreiding binnen het NNN plaatsvindt. Eventuele aanvullende sturing vanuit bedrijven en maatschappelijke organisaties zal waarschijnlijk plaatsvinden bij bosuitbreiding buiten het NNN.

Meer bos buiten het NNN

Naast de 3.400 ha compensatie en 15.000 ha bosuitbreiding buiten het NNN ligt er vanuit de Bossenstrategie ook een streven om 19.000 ha bos buiten het NNN te realiseren. Deze ambities in de Bossenstrategie zijn echter minder hard geformuleerd en zijn nog niet gekoppeld aan een uitvoeringsprogramma en financiering. Bosuitbreiding buiten NNN is moeilijker te realiseren omdat, in tegenstelling tot NNN-gebieden, gebieden buiten NNN vaak nog geen natuurbestemming hebben en niet in handen zijn van terreinbeherende organisaties of overheidsinstanties. Hierdoor is het op deze gronden moeilijker om bos aan te planten, doordat deze gronden nog aangekocht en afgewaardeerd moeten worden. Hoewel er wel initiatieven zijn en mogelijk ook vanuit het nationaal programma landelijk gebied mogelijk middelen komen, zal bosuitbreiding buiten het NNN ingewikkelder zijn en is de daadwerkelijke realisatie van die 19.000 ha zeer onzeker. In de ramingen voor de KEV (2022) die voor Scenario 1 zijn gebruikt is er nog geen bosuitbreiding binnen NNN meegenomen, omdat er nog geen concreet vastgesteld en voorgenomen beleid voor geformuleerd is en er ook nog geen concrete financiële plannen voor zijn. In Scenario 2 (42%), 3 (62%) en 4 wordt het areaal bos buiten het NNN stapsgewijs verhoogd totdat het bij Scenario 4 volledig wordt gehaald. Alleen door additionele sturing door bedrijven en maatschappelijke organisatie is het waarschijnlijk dat het einddoel van 19.000 ha in 2030 wordt bereikt. Dit komt tot uitdrukking in Scenario 4.

Verhogen vitaliteit van bos

Naast bosuitbreiding wordt in de Bossenstrategie, en ook in het ontwerp beleidsprogramma klimaat, het verhogen van de vitaliteit opgenomen als maatregel die moet leiden tot een toename in de koolstofopslag in bestaand bos. Hiervoor worden geen doeloppervlaktes gegeven, maar vanuit het onderzoek binnen de klimaatvelop bomen, bossen en natuur wordt het potentieel geschat op revitaliseren van 10.000 ha essenopstanden en 30.000 ha hol grove dennenbos. Deze oppervlaktes zijn ook gehanteerd bij het formuleren van de ambities in het Klimaatakkoord uit 2019 voor het verhogen van koolstofvastlegging door revitaliseringsmaatregelen. De provincies zijn nu aan zet om plannen te ontwikkelen voor de verdere invulling, maar die waren op het moment dat de scenario's werden uitgewerkt nog niet beschikbaar. In de verschillende scenario's worden de volgende percentages van het uiteindelijke doel in 2030 aangehouden. Waarbij in Scenario 1: 0%, Scenario 2: 40%, Scenario 3: 60% en Scenario 4: 100% wordt behaald. Met

alleen overheidssturing zal het niet mogelijk zijn om de doelen te halen. Ook de rest van de maatschappij is nodig om het doel te halen. Daarom is volledige realisatie van de doelen alleen voorzien in Scenario 4.

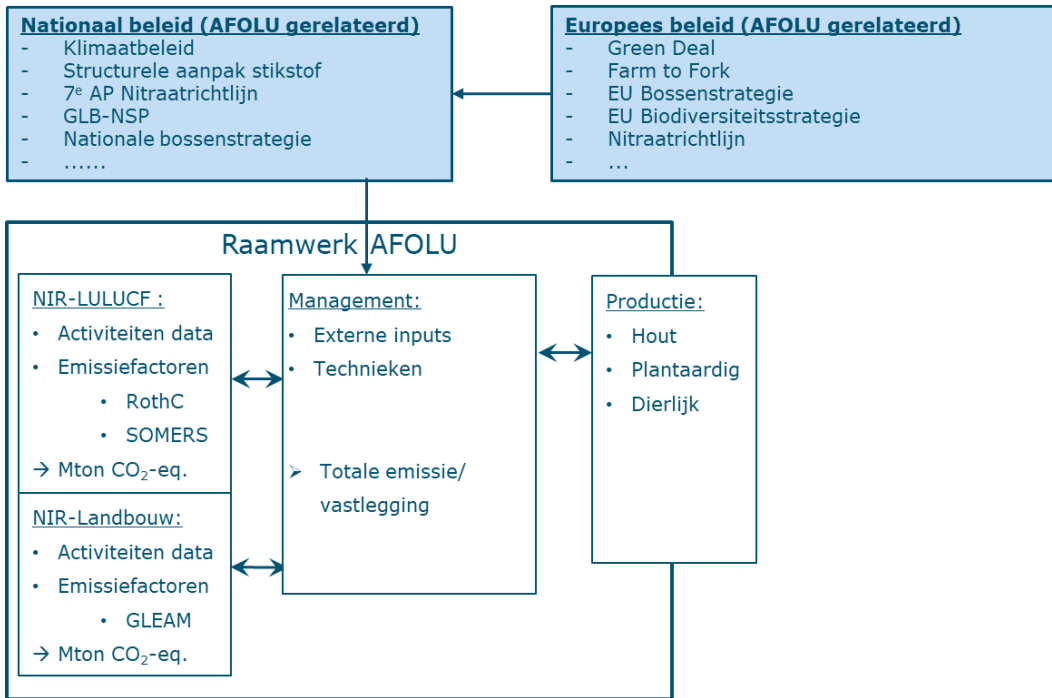
Landschapselementen

De scenario's bij landschapselementen komen qua percentages van het doel dat is behaald overeen met revitaliseren. Waarbij in Scenario 1: 0%, Scenario 2: 40%, Scenario 3: 60% en Scenario 4: 100% wordt behaald. In het aanvalsplan landschap worden doelen voor 2030, 2035 en 2050 gegeven. De verschillende scenario's houden hier rekening mee en behalen het percentage van het doel dat is gesteld. In alle scenario's is de periode tussen het heden (2023) en 2030 het ambitieus. De oppervlaktes genoemd in Tabel 7 zijn voor alle landschapselementen. Zoals beschreven in paragraaf 2.2 van het aanvalsplan landschapselementen, zal 50% bestaan uit houtige, 25% uit blauwe en 25% uit hybride/kruidige landschapselementen. Aangezien het aanvalsplan uitgaat van het gehele areaal landelijk gebied, dus breder dan het landbouwareaal, en er al een autonome afname van het landbouwareaal wordt verondersteld, is er geen verdere afname van het landbouwareaal meegenomen in de berekeningen.

3.4 Methodiek doorrekening beleidsscenario's

3.4.1 AFOLU-raamwerk

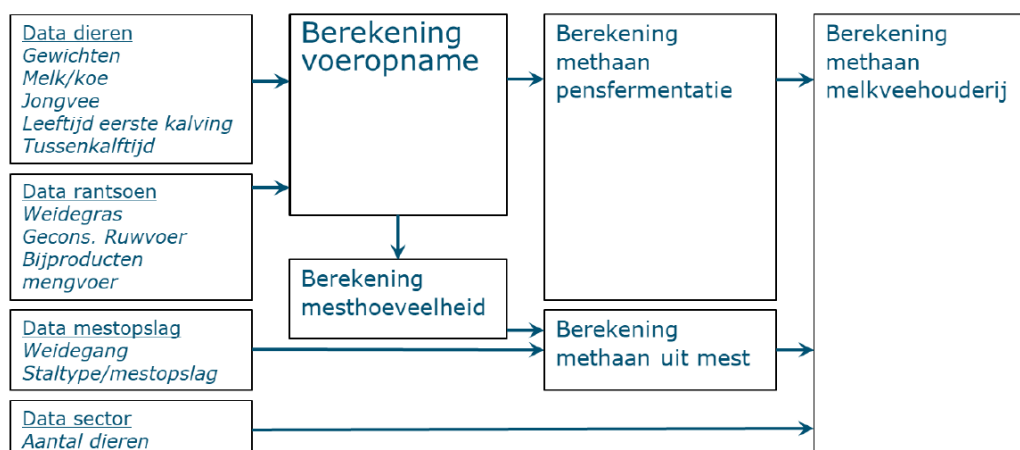
Voor het doorrekenen van de scenario's wordt gebruikgemaakt van de systematiek zoals toegepast wordt voor de emissieberekeningen in de Nationale Emissierapportage (NIR) en de Klimaat- en Energieverkenning. Deze berekeningen zijn samengevat in het zogenoemde AFOLU-raamwerk, zie Figuur 3 voor een schematisch overzicht. Voor de emissies uit de veehouderij en de bodememissies zijn spreadsheetmodellen gemaakt op basis van de activiteitendata en emissiefactoren die in het *National Emission Model for Agriculture* (NEMA) (Van Bruggen et al., 2022) worden toegepast. Wel zijn er op onderdelen versimpelingen gemaakt, bijv. geen expliciet onderscheid naar bodemtypes en mestsoorten, maar gewogen gemiddelde emissiefactoren. Ook zijn er aanpassingen gemaakt om de effecten van alle maatregelen te kunnen bepalen. Hiervoor zijn aangepaste emissiefactoren afgeleid voor pensfermentatie met het GLEAM-model (MacLeod et al., 2018), voor C-vastlegging in minerale bodems zijn berekeningen met het RothC-model (Coleman en Jenkinson, 2014) gebruikt en voor veenweide de reketabellen van het SOMERS 1.0-model (Erkens et al., 2022). Een belangrijke toevoeging t.o.v. van NEMA is het meenemen van de effecten op de productiviteit, zodat voor de economische berekeningen ook inzichtelijk wordt gemaakt hoe productievolumes veranderen. Hieronder staat beschreven hoe voor de onderdelen veehouderij, bodem en landgebruik de berekeningen zijn uitgevoerd. Voor de broeikasgasberekeningen wordt uitgegaan van de Global Warming Potentials (GWP) van het 5^e IPCC Assessment-rapport die ook voor de KEV 2022 worden gebruikt, namelijk 28 voor CH₄ en 265 voor N₂O.



Figuur 3 Schematisch overzicht van het AFOLU-raamwerk.

Veehouderijberekeningen

De manier waarop de verandering in emissies is berekend in deze studie sluit nauw aan op de berekening van de nationale emissies met het NEMA-model. In de melkveehouderij is er sprake van veel interacties tussen het land- en diermanagement, het rantsoen en de emissies van methaan uit pens en mest (Figuur 4). Voor de melkveehouderij is een deel van de maatregelen, om rekening te houden met deze interacties, doorgerekend met het model GLEAM (Macleod et al., 2018) dat gekalibreerd is op de berekeningen van NEMA (Vellinga en Groenestein, 2022). Het NEMA-model is een monitoringsinstrument, terwijl het model GLEAM een simulatie-instrument is, waarmee toekomstige ontwikkelingen doorgerekend kunnen worden. Voor de andere veehouderijsectoren is een eenvoudiger benadering gekozen en wordt gebruikgemaakt van de emissiecijfers van NEMA, waarop correcties worden toegepast om de effecten van maatregelen te simuleren.



Figuur 4 De gebruikte data en de processtappen voor de berekening van de methaanemissie uit pensfermentatie en mestopslagen in de Nederlandse melkveehouderij (Vellinga en Groenestein, 2023).

De voeropname bepaalt in belangrijke mate de methaanvorming. De voeropname is sterk afhankelijk van 1) het type dier en 2) het rantsoen en de mesthoeveelheid is weer afhankelijk van de voeropname. Methaanemissiefactoren, uitgedrukt als hoeveelheid methaan per organische stof die is opgenomen via het voer of die is geproduceerd als mest, zijn afhankelijk van het type voer, de hoeveelheid voer en het mestmanagement. Gegevens over gewichten van dieren, verteerbaarheid van ruwvoer e.d. zijn gebaseerd op kengetallen en sectorgemiddelden.

Bodem berekeningen

Voor het berekenen van de N₂O-emissies en C-vastlegging in landbouwbodems is gewerkt met een gewassenlijst van 35 gewassen. Deze lijst is gebaseerd op een geaggregeerde versie van de gewassenlijst die in NEMA en de KEV wordt gebruikt, maar aangevuld met een aantal ontbrekende gewassen (bloembollen en boomgaarden) en twee nieuwe categorieën voor grasland, namelijk grasklaver en landschapsgrond. Voor elk van deze gewascategorieën is de gemiddelde bemesting bepaald met onderscheid naar kunstmest, dierlijke mest en overige organische mest. Op basis van de gebruiksnormen en een mestacceptatiegraad per gewas, is de potentiële bemesting per hectare bepaald. Deze is uiteindelijk geschaald naar rato van de totale hoeveelheid dierlijke mest en kunstmest op basis van data uit de KEV2022 voor de jaren 2020 en 2035. De berekende gemiddelde mestgiften voor akkerbouw en grasland kwamen goed overeen met gegevens uit Agrimatie op basis van de BIN-bedrijven. In Scenario 2, 3 en 4 is het effect van de afschaffing van de derogatie meegenomen, waardoor de dierlijke mestnorm verlaagd werd naar 170 kg N/ha voor alle gewassen. Verder zijn in Scenario 2, 3 en 4 de effecten van de maatregel verlaging stikstofbemesting doorgevoerd bij kunstmest. Voor overige organische mest is de totale hoeveelheid N uit compost, slib en overige organische meststoffen naar rato verdeeld over al het bouwland. Deze totale hoeveelheid is in alle scenario's hetzelfde.

Voor de N₂O-bodememissies berekening wordt gebruikgemaakt van de emissiefactoren zoals deze ook in NEMA worden toegepast. Voor bouwland en grasland zijn gemiddelde emissiefactoren afgeleid, waarmee de directe bodememissies worden berekend. Voor kunstmest zijn deze respectievelijk 0,0099 en 0,0076 kg N₂O-N/kg N voor grasland en bouwland, en voor dierlijke mest 0,0078 kg N₂O-N/kg N voor grasland en 0,01 kg N₂O-N/kg N voor bouwland. Ook de N₂O-emissies uit gewasresten zijn op basis van NEMA berekend. Via de uit- en afspoelingsfractie (13%) en de emissiefactoren voor NH₃ en NO uit NEMA, zijn ook de indirecte N₂O-emissies door uit- en afspoeling en stikstofvervluchtiging bepaald. De overige N₂O-bodememissie bronnen (mestbe- en verwerking, N-mineralisatie veenbodems en moerige gronden en graslandvernieuwing) zijn overgenomen uit de KEV2022 en constant verondersteld in alle scenario's. De omvang van deze overige bronnen was 0,74 Mton CO₂-eq.

Op basis van RothC-berekeningen conform Lesschen et al. (2021) is per gewascategorie de gemiddelde C-balans per hectare berekend. Dit is gedaan met en zonder vanggewas/groenbemester, zodat het effect van het areaal vanggewassen/groenbemesters ook in de scenario's kon worden meegenomen. Ook het effect van de afschaffing van de derogatie in Scenario 2, 3 en 4 op de C-balans is meegenomen in de berekeningen.

Landgebruik berekeningen

Voor landgebruik zijn de berekeningen zoals die voor de KEV2022 met het nationale LULUCF-boekhoudmodel zijn doorgerekend als uitgangspunt genomen. De methoden en achterliggende aannames daarvoor zijn beschreven in Arets et al. (2022a) en volgen de methodes die ook binnen de nationale rapportage van broeikasgasemissies en -verwijderingen wordt gebruikt (zie Arets et al., 2022b).

Veranderingen in landgebruik

Landgebruik en ruimtelijke veranderingen in landgebruik zijn een belangrijke factor in het bepalen van de emissies en verwijderingen van broeikasgassen door LULUCF. In de KEV 2022-berekeningen is gebruikgemaakt van ruimtelijk expliciete projecties voor landgebruik gebaseerd op scenario's voor autonome ontwikkeling in landgebruik plus de verwachte effecten van het vastgestelde en voorgenomen beleid (i.e. bosuitbreiding). Met de 2021-landgebruikskaart die voor de LULUCF-rapportages wordt gebruikt als uitgangspunt zijn voor de zichtjaren 2030 en 2040 ruimtelijk expliciete landgebruikskaarten gemaakt. Deze zijn ook rechtstreeks gebruikt voor de berekeningen voor Scenario 1 in deze studie. Vervolgens zijn in Excel aparte berekeningen gemaakt voor additionele emissies en verwijderingen voor het additionele oppervlakte

van bosuitbreiding zoals voor de scenario's kan worden afgeleid uit verschil in oppervlakte ten opzichte van Scenario 1 (zie Tabel 7 in paragraaf 3.3.5).

Emissies uit veen- en moerige gronden

Emissies uit gedraineerde moerige gronden en veengronden vormen de belangrijkste bron van emissies voor de LULUCF-sector in Nederland (7,5 Mton CO₂ in 1990; 5,6 Mton CO₂ in 2020, Ruysenaars et al., 2022). Er wordt in de berekeningen ook rekening gehouden met de afname van het areaal veen- en moerige gronden als gevolg van doorgaande oxidatie van organisch materiaal door drainage. Die oxidatie leidt tot hoge emissies van CO₂, maar doordat het areaal afneemt, nemen ook zonder klimaatbeleid die emissies over de tijd af. De snelheid van afname van het areaal veen- en moerige gronden na 2014 wordt bepaald op basis van de 2014-veenkaart (zie Arets et al., 2022b) en een kaart die een voorspelling voor het areaal veen- en moerige gronden in 2040 geeft (Erkens et al., 2021; Melman 2021). De effecten van de veenweidestrategieën zoals onder de bodemmaatregelen beschreven, worden afzonderlijk berekend en vervolgens verrekend met emissies uit deze KEV-modelruns.

Bomen- en bosberekeningen

Om de leeftijdsafhankelijke ontwikkeling van het bos, de oogstvolumes en koolstofvoorraden in de toekomst te projecteren, is in de KEV2022 (Scenario 1) gebruikgemaakt van het EFISCEN-space-model met initialisatie voor Nederland op basis van informatie uit de Nederlandse Bosinventarisaties. Deze ontwikkelingen worden voor alle scenario's gelijk gehouden, waarbij daarbovenop per scenario de effecten van de aanleg van nieuw bos (compensatie ontbossing, uitbreiding binnen NNN en uitbreiding buiten NNN) en het verhogen van de vitaliteit van bos meegerekend wordt. Die effecten zijn in een Excelspreadsheet berekend. Bij bosuitbreiding is voor het berekenen gebruikgemaakt van een extra run met het LULUCF-boekhoudmodel waarbij voor 1 ha omvorming van grasland naar bos de veranderingen in koolstofvoorraden en bijhorende CO₂-emissies en verwijderingen over de tijd berekend zijn. Vervolgens zijn deze toegepast op de additioneel ten opzichte van de KEV 2022 (Scenario 1) aan te leggen oppervlaktes bos. Daarbij is er steeds van uitgegaan dat tussen 2023 en 2030 steeds 1/8^e deel van het tot 2030 aan te leggen oppervlakte erbij komt.

Tabel 8 Hectares gerealiseerd in 2030 en tussen haakjes het verschil ten opzichte van de KEV 2022 (Scenario 1). Voor meer bos buiten NNN zijn die gelijk, omdat er geen uitbreiding buiten NNN is meegenomen in Scenario 1.

Maatregel	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Compensatie ontbossing	3.400	2.720 (-680)	3.400 (0)	3.400
Meer bos binnen het NNN	10.000	9.900 (-100)	15.000 (+5000)	15.000 (+5000)
Meer bos buiten het NNN	-	8.000	11.800	19.000

Voor de revitaliseringsmaatregelen is uitgegaan van de kentallen zoals die binnen de Klimaatvelop Bos, Natuur en Hout zijn bepaald (Boosten et al., 2022, Tabel 9). Deze worden toegepast op de oppervlaktes voor de maatregel verhogen vitaliteit van bos voor de scenario's zoals die in Tabel 7 worden gegeven. Ook hier wordt ervan uitgegaan dat de maatregel tussen 2023 en 2030 ieder jaar 1/8^e deel van de in 2030 te realiseren totale oppervlakte wordt toegepast. Gedurende de eerste tien jaar wordt jaarlijks de helft van C-vastlegging aangenomen. De vastlegging zal mettertijd wel minder worden, maar zal voor de periode tot 2050 nog niet afnemen. De totale oppervlakte betreft voor 1/4^e essenopstanden en 3/4^e hol grove dennenbos.

Tabel 9 Additionele CO₂-vastlegging per ha voor revitaliseringsmaatregelen. De midden-waarde geldt na tien jaar, in de eerste tien jaar wordt de additionele vastlegging op de helft hiervan geschat (zie Boosten et al., 2022).

Maatregel	Minimaal	Maximaal ton CO ₂ ha ⁻¹	Midden
revitaliseren Essenopstanden	3,9	3,9	3,9
revitaliseren hol grove dennenbos	1,4	6,8	4,1

Landschapselementen

In de factsheets bos, bomen en natuur¹⁵ wordt met name gekeken naar houtige landschapselementen en zullen ook de meeste biomassa bevatten van alle landschapselementen. Hierom wordt ook alleen gekeken naar CO₂-opslag in houtige biomassa (50% van het areaal uit het aanvalsplan landschap) in deze studie. De overige twee type landschapselementen worden tijdens de berekeningen buiten beschouwing gelaten.

De twee houtige landschapselementen die genoemd worden in de factsheets zijn lijnbeplanting en struweelhaag. Bij lijnbeplanting (houtwal) wordt de eerste tien jaar na aanplant gemiddeld 4,6 ton CO₂/ha/jaar vastgelegd, wat na tien jaar 9,1 ton CO₂/ha/jaar is. Deze getallen zijn gelijk aan de aanleg voor nieuw bos. Struweelhaag legt de eerste vijftien jaar na aanplant gemiddeld 1,4 ton CO₂/kilometer/jaar bij een gemiddelde breedte van 3 meter. Wat uitkomt op gemiddeld 4,6 ton CO₂/ha/jaar voor de eerste vijftien jaar. Hierna wordt aangenomen dat er ongeveer net zoveel wordt geoogst als dat er vastgelegd wordt, een kleine netto vastlegging van 0,1 ton CO₂/kilometer/jaar na 15 jaar, of 0.33 ton CO₂/ha/jaar.

Aangezien er verder weinig data beschikbaar is voor houtige landschapselementen wordt het gemiddelde van deze twee waarden afhankelijk van de leeftijd gebruikt voor het berekenen van de hoeveelheid CO₂/ha/jaar die door houtige landschapselementen wordt vastgelegd. Dit komt uit op 4,6 ton CO₂/ha/jaar voor de eerste tien jaar, 6,85 ton CO₂/ha/jaar tussen de elf en vijftien jaar en 4,72 ton CO₂/ha/jaar na zestien jaar. Aangenomen wordt dat de stijging van het areaal van de houtige landschapselementen tot en met het doeljaar lineair verloopt.

3.4.2 Kosten-batenanalyse

Voor de kosten-batenanalyse is de bij Wageningen Economic Research ontwikkelde kosten-batentool 'KOBALAMI' gebruikt. Het rekenmodel bevat een sectorale weergave van het Nederlandse 'agro-complex', dat naast de primaire productie ook de toeleverende en verwerkende industrieën omvat. Daarnaast is uniek dat het ook rekening kan houden met de negatieve (en positieve) effecten van het landbouwsysteem op het milieu, het klimaat (inclusief het landgebruik) en de biodiversiteit. De tool bevat een module waarin een monetaire waardering van de externe effecten wordt bepaald. In de context van deze studie is dat interessant, omdat dan ook de baten van vermeden milieu- en gezondheidsschade door emissiebeperkende maatregelen meegenomen wordt in de analyse en naast eventuele kosten van milieumaatregelen en krimp van de veestapel kan worden gezet. De KOBALAMI-tool biedt daarmee de mogelijkheid tot een integrale afweging van kosten en baten, inclusief de maatschappelijke kosten rond klimaat, natuur en milieu.

Methodologisch berust het KOBALAMI-model op de methodiek van de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Bij een kosten-batenanalyse is het doel om de baten van de uitvoering van een beleid te meten minus de (directe en indirecte) kosten die aan de uitvoering ervan verbonden zijn (zie Boardman et al. (2018) voor een beschrijving van de methodologie en empirische toepassingen en Jongeneel et al. (2016) voor een toepassing op de Nederlandse landbouw). De methodiek houdt ook rekening met het feit dat kosten en baten op verschillende momenten in de tijd vallen. Bij de aggregatie van kosten en baten moet daarmee rekening worden gehouden, door de kosten en baten op de juiste manier te disconteren. Tabel 10 geeft een schematisch overzicht van het type kosten en baten waarmee KOBALAMI rekening houdt. Zoals uit de tabel blijkt, worden zowel marktbaar als niet-marktbaar kosten en baten, d.w.z. die welke verband houden met externe effecten (zie de posten D, E en G) in aanmerking genomen. Bovendien wordt een nationaal-economisch perspectief gehanteerd en wordt rekening gehouden met de interactie-effecten tussen het agrocomplex en de rest van de economie (zie posten I en F).

¹⁵ <https://www.vbne.nl/klimaatslimbosennatuurbeheer/uploads/factsheets-final-16jan.691bb2.pdf>

Tabel 10 Schematisch overzicht van de kosten en baten die worden meegenomen in KOBALAMI.

Kosten	Post	Baten	Post
Kosten van emissie-reducerende maatregelen	A	Marktbaar baten samenhangend met een meer duurzame productie	B
Kosten vanwege gedeelde productie in het agrocomplex (bij de landbouw en in de keten)	C	Niet-marktbare baten, o.a. die samenhangend met externe effecten (vermeden milieu- en gezondheidsschade)	D
Kosten samenhangend met natuurherstel, -verbetering en natuurbeheer	E	Netto productie elders in de economie ten gevolge van vrijkomende productiefactoren uit het agrocomplex	F
Kosten samenhangend met negatieve humane gezondheidseffecten	G	Nettobijdrage vanuit EU fondsen (wanneer relevant)	H
Kosten vanwege extra emissies elders in de economie (gerelateerd aan F)	I	Netto welvaartsverlies	WL
Totaal	S	Totaal	S

Bron: gebaseerd op Jongeneel (2021).

Bij de toepassing van KOBALAMI in deze studie is geen rekening gehouden met specifieke kosten voor natuurherstel (E) of humane gezondheid (G), (bijvoorbeeld vanwege fijnstof), omdat dat lastig te bepalen is en buiten de scope van dit project valt. Wel zijn bepaalde gezondheidseffecten van ammoniak en NO_x-emissies meegenomen in de hiervoor gehanteerde schaduwprizen. Voor die schaduwprizen of monetaire waardering is gebruikgemaakt van het werk van CE Delft (2023). Zie Tabel 11 voor een samenvatting van de veronderstelde schaduwprizen die in dit onderzoek zijn gebruikt. Kosten voor monitoring van de maatregelen zijn ook niet meegenomen in de kosten-batenanalyse, maar deze zullen normaal gesproken maar een klein aandeel van de totale kosten zijn.

Tabel 11 Overzicht van de in KOBALAMI gehanteerde schaduwprizen voor de waardering van vermeden milieu- en gezondheidsschade. Bron: CE Delft (2023).

Klimaat	Lucht		Uitspoeling grondwater	Water		Schaduwprijs (euro/t)
	Natuur / biodiversiteit	Gezondheid		N en P naar oppervlaktewater		
CO ₂						105
CH ₄						4700
N ₂ O						27825
	NH ₃	NH ₃				49300
	NO _x	NO _x				57500
			NO ₃			87
				N		4230
				P		5530

3.4.3 Kosten van mitigatiemaatregelen voor landbouwbedrijven

In Tabel 12 staat een overzicht van de kosten van de mitigatiemaatregelen voor landbouwbedrijven die zijn meegenomen in deze studie. De kosten van deze maatregelen zijn verkregen uit de literatuur of van experts indien deze informatie ontbrak in de literatuur.

Tabel 12 Overzicht van ingeschatte kosten van de mitigatiemaatregelen voor landbouwbedrijven.

Maatregel-categorie	Maatregel	Kosten	Toelichting	Referentie
Structuur	LBv-opkoopregeling	Niet van toepassing. Gaat over beëindiging van bedrijfsvoering, geen aanpassing.		
	MGA-opkoopregeling			
	Afwaardering	Niet meegenomen omdat dit in de kostenbatenanalyse een zogenaamde transferbetaling betreft van de overheid aan grondeigenaren die nationaal-economisch tegen elkaar wegvallen. De afwaardering is een compensatie voor de lagere productiviteit van grond en/of dieren. Dat productiviteitseffect is, voor zover er informatie over was, wel meegenomen.		
Methaan pensfermentatie	Fokken op lage methaanemissie	Geen kosten op bedrijfsniveau verondersteld. Uitgangspunt genomen dat dit alleen wordt gedaan als het budgetneutraal kan.		
	Laag methaan rantsoen	Geen kosten op bedrijfsniveau verondersteld. Uitgangspunt genomen dat dit alleen wordt gedaan als het budgetneutraal kan.		
	Voeradditieven	1 euro/100 kg melk		Vellinga (in press)
Methaan mestopslagen	Mestvergisting	7 – 11 euro/ varken/jaar		Kasper & Peters (2012) en Gollenbeek et al. (2021)
	Drijfmest koelen	60 euro/koe/jaar	Kosten op basis van jaarkosten koelinstallatie en kosten aanpassing vloer bestaande stallen.	Groenestein et al. (2019)
	Methaan oxidatie	0,40-0,48 euro/ 100 kg melk 0,18-0,74 euro/varken	Kosten per kg melk en per varken berekend op basis van informatie Maasdam et al. (2022) en Oonk & Maasdam et al. (2022) en Oonk (2012)	Maasdam et al. (2022) en Oonk & Koopmans (2012)
	Verhoging weidegang	Geen kosten op bedrijfsniveau verondersteld. Uitgangspunt genomen dat dit alleen wordt gedaan als het budgetneutraal kan.		
	Lachgasemissies bodem	Grasklaver en vlinderbloemige gewassen	32,40 euro/ hectare	
Lachgasemissies bodem	Stikstofbemesting verlagen – afschaffing derogatie	2,00 euro/100 kg melk	Eenvoudige benadering gehanteerd dat stikstofgebruiksnormen worden opgevuld bij afschaffing van derogatie wat zorgt voor toename van zowel mestafzet- als kunstmestkosten. Geen integrale doorrekening. Effect is ingeschat op 2 euro per 100 kg melk. Werkelijke impact is in belangrijke mate afhankelijk van ontwikkeling kunstmest en mestafzetprijzen.	
	Nitrificatieremmers	20 euro/ha	Mogelijk hogere gewasopbrengsten, maar afhankelijk van verschillende factoren. Meeropbrengsten buiten beschouwing gelaten.	Kuikman (2010) en Folkersma & Rougoor (2021)
C-vastlegging bodem	Meer blijvend grasland	0,11-0,19 euro/100 kg melk	Kosten afhankelijk van intensiteit bedrijf	Beldman et al. (2019)
	Meer rustgewassen in bouwplan en bufferstroken	700 euro per ha	Expertinschatting van gewijzigd bouwplan (meer rustgewassen), verplichte bufferstroken en toename groenbemesters/vanggewassen	
	Groenbemesters/vanggewassen	Geen kosten op bedrijfsniveau verondersteld. Uitgangspunt genomen dat dit alleen wordt gedaan als het budgetneutraal kan.		
CO ₂ -emissie veengronden	Slootpeilverhoging	294 euro/ha	Kosten peilverhoging zijn 105 euro per 10 cm (Beldman al. (2019)); Baayen et al. (2021)). De gemiddelde peilverhoging Friesland en Groningen is 35 cm en Overijssel 14 cm. Kosten per hectare zijn berekend op basis van naar areaal gewogen gemiddelde peilverhoging (28 cm).	Beldman et al. (2019) en Baayen et al. (2021).
	Waterinfiltratie (onderwaterdrainage)	381-550 euro/ha	Kosten afhankelijk van type systeem	Hoving et al. (2020)
	Bos en natuur	Bosuitbreiding	Niet van toepassing. Gaat niet over landbouwareaal.	
Bos en natuur	Revitalisering bossen			
	Voorkomen ontbossing			
Bos en natuur	Landschapselementen	Geen kosten op bedrijfsniveau verondersteld. Uitgangspunt genomen dat dit alleen wordt gedaan als het budgetneutraal kan.		

4 Resultaten

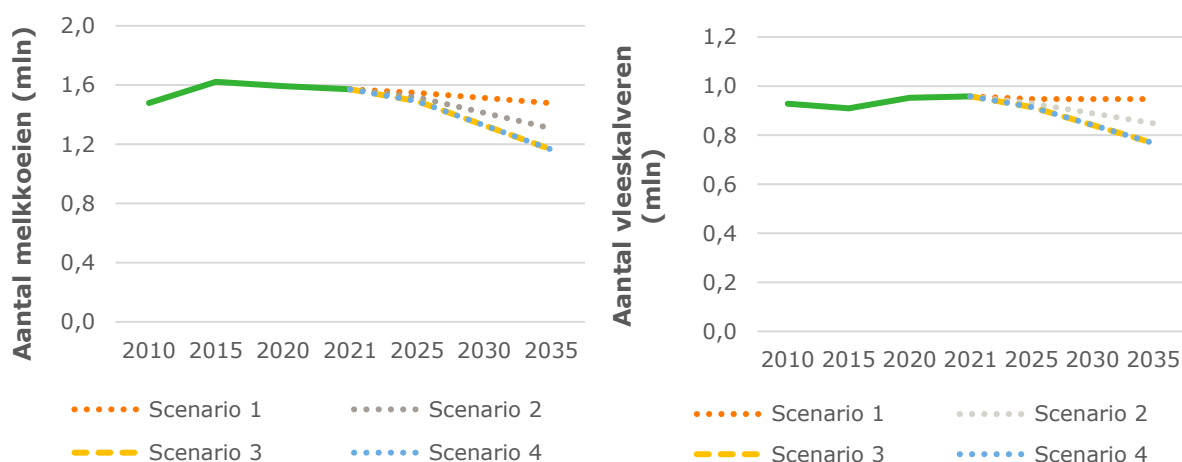
4.1 Landbouwstructuur

4.1.1 Dieraantallen

Rundvee

Figuur 5 laat de ontwikkeling van het aantal melkkoeien en vleeskalveren in de doorgerekende scenario's zien. In Scenario 1 daalt het aantal melkkoeien van 1,59 miljoen in 2020 naar 1,47 miljoen in 2035 (-7,3%). Deze daling wordt enerzijds veroorzaakt doordat in Scenario 1 ook al met een (relatief beperkt) budget voor opkoop via MGA is gerekend en anderzijds doordat de melkproductie per koe toeneemt, waardoor er per saldo minder koeien kunnen worden gehouden binnen dezelfde hoeveelheid fosfaatrechten. In Scenario 2 daalt de melkveestapel naar 1,30 miljoen in 2035 (-18,0% t.o.v. 2020). In dit scenario is de daling kleiner t.o.v. Scenario 3 en 4, omdat het opkoopbudget niet volledig wordt benut en uitgegaan wordt van een hoger vergoedingspercentage voor stallen. In Scenario 3 en 4 krimpt de melkveestapel van 1,59 miljoen in 2020 naar 1,16 miljoen in 2035, een daling van 26,9% ten opzichte van 2020. Hierbij is verondersteld dat het volledige beschikbare budget voor de opkoopregelingen wordt benut. In de scenario's is de ontwikkeling van de jongveestapel vergelijkbaar met die van de melkveestapel, omdat een vaste verhouding tussen melkkoeien en fokjongvee is verondersteld (6 stuks jongvee per 10 melkkoeien).

Het aantal vleeskalveren daalt in Scenario 1 van 0,95 miljoen tot 0,94 miljoen in de periode 2020-2035 (-0,6%). In Scenario 3 en 4 daalt het aantal vleeskalveren tot 0,77 miljoen (-19,4%) door volledige besteding van het budget voor de opkoopregelingen. In Scenario 2 daalt het aantal vleeskalveren tot 0,85 miljoen (-10,9%), omdat het budget niet volledig wordt besteed en vanwege hogere vergoedingspercentages. De procentuele daling in het aantal vleeskalveren is lager dan bij melkvee, omdat vleeskalveren niet in aanmerking komen voor de Lbv-regeling en in de studie is uitgegaan van gescheiden budgetten.



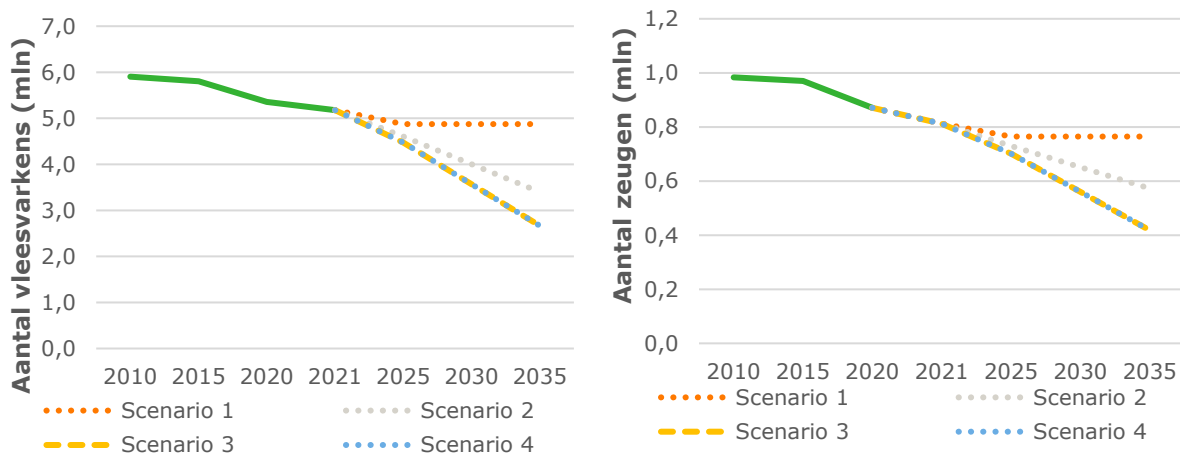
Figuur 5 Ontwikkeling van het aantal melkkoeien en vleeskalveren in de doorgerekende scenario's.

Varkens

De ontwikkeling van het aantal vleesvarkens is weergegeven in Figuur 6. In Scenario 1 daalt de vleesvarkensstapel van 5,37 miljoen in 2020 naar 4,87 miljoen in 2035 (-9,0%). Deze daling vindt plaats in de periode 2021-2025. In de overige drie scenario's zet de krimp van het aantal vleesvarkens door in de periode 2025-2035. In Scenario 2 neemt de vleesvarkensstapel af naar 3,40 miljoen in 2035 (-36,5% t.o.v. 2020). In Scenario 3 en 4 neemt het aantal vleesvarkens af naar 2,66 miljoen in 2035 (-50,2% t.o.v. 2020).

Ook hier is de daling in Scenario 2 kleiner dan in Scenario 3 en 4, omdat het opkoopbudget niet volledig wordt benut en het vergoedingspercentage voor de stallen hoger is.

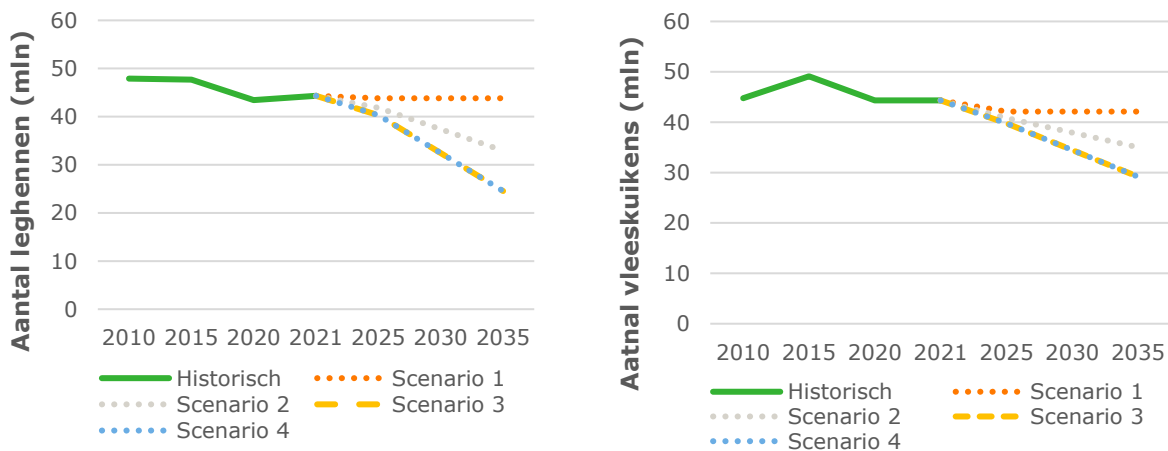
De ontwikkeling van de zeugenstapel in de periode 2020-2035 is vergelijkbaar met de ontwikkeling van de vleesvarkensstapel. In Scenario 1 daalt het aantal zeugen van 0,87 miljoen in 2020 naar 0,76 miljoen in 2035 (-12,2%). In Scenario 2 daalt het aantal zeugen tot 0,57 miljoen (-34,2%). In Scenario 3 en 4 bedraagt het aantal zeugen 0,42 miljoen in 2035 (-52,0%).



Figuur 6 Ontwikkeling van het aantal vleesvarkens en zeugen in de doorgerekende scenario's.

Pluimvee

In Figuur 7 staat de ontwikkeling van het aantal leghennen en vleeskuikens weergegeven voor de doorgerekende scenario's. In Scenario 1 neemt de leghennenstapel toe van 43,43 in 2020 naar 43,82 miljoen in 2035 (+0,9%). In Scenario 2 daalt het aantal leghennen met iets minder dan een kwart, naar 32,94 miljoen in 2035 (-24,2%). In Scenario 3 en 4 daalt het aantal leghennen naar 24,55 miljoen in 2035 (-43,5% t.o.v. 2020). In de vleeskuikenhouderij neemt het aantal vleeskuikens af in alle scenario's. In Scenario 1 is de afname beperkt en daalt het aantal tot 42,11 miljoen vleeskuikens (-5,0%). In Scenario 2 daalt het aantal vleeskuikens tot 35,02 miljoen in 2035 (-21,0% t.o.v. 2020). In Scenario 3 en 4 daalt het aantal vleeskuikens tot 29,17 miljoen (-34,2% t.o.v. 2020). Ook hier is de daling in Scenario 2 kleiner dan in Scenario 3 en 4, omdat het opkoopbudget wel volledig wordt benut en het vergoedingspercentage voor de stallen lager is.



Figuur 7 Ontwikkeling van het aantal leghennen en vleeskuikens in de doorgerekende scenario's.

Andere diersoorten

Verondersteld is dat andere diersoorten, evenals de vleeskalveren, niet in aanmerking komen voor de Lbv, omdat er geen sprake is van productierechten, wel voor de MGA-regeling. Op basis van de voorwaarden van de MGA-regeling is verondersteld dat het budget voor deze regeling ook beschikbaar is voor andere (deel)sectoren, zoals kalkoenen, geiten en vrouwelijk vleesvee. Ook voor deze diersoorten is dus rekening gehouden met afnemende dieren aantallen als gevolg van de opkoopregelingen. Vanwege de beperkte omvang van deze sectoren (<2% van de totale fosfaatexcretie (CBS, 2021)) worden deze sectoren niet verder besproken in dit hoofdstuk. In Bijlage 4 staat per diersoort de verandering van de dieren aantallen (in indexcijfers) weergegeven.

Verhouding tussen sectoren

Het feit dat het aantal varkens en pluimvee relatief harder krimpt dan het aantal melkkoeien heeft te maken met de gehanteerde prijsverhoudingen. Er is in de berekeningen uitgegaan van een verdeling van het budget tussen sectoren naar rato van de totale fosfaatproductie in de mest. Het op te kopen aantal dieren voor die euro's is vervolgens bepaald aan de hand van de huidige marktwaarde voor de productierechten en huidige vervangingswaarde van stallen. De berekeningen wijzen uit dat bij deze prijsverhoudingen bij varkens en pluimvee een groter aandeel van de dieren opgekocht kan worden. Anders gezegd: de totale waarde van productierecht en vervangingswaarde van de stal is per kg fosfaatproductie het laagst voor de varkens en het hoogst voor de melkkoeien. Hoe de verhouding in opkoop tussen sectoren daadwerkelijk zal uitvallen, is van veel factoren afhankelijk, onder meer van de ontwikkeling van de economische concurrentiekracht tussen sectoren onderling.

4.1.2 Gewasarealen

Gebaseerd op geformuleerde beleidsscenario's en de invulling met bijbehorende maatregelen is per scenario een inschatting gemaakt van wat dit betekent voor de gewasarealen. Allereerst is rekening gehouden met een autonome afname van het landbouwareaal door verdere urbanisatie en uitbreiding van het areaal natuur. Deze afname van 6000 ha per jaar is conform de KEV2022 en is gebaseerd op de trend van afgelopen decennia. Hiermee neemt het totale landbouwareaal af van 1,81 miljoen ha in 2020 naar 1,72 miljoen ha in 2035. Het totale landbouwareaal blijft in alle 2030-scenario's gelijk. De gewasarealen voor 2020 en Scenario 1 zijn gebaseerd op de KEV2022, aangevuld met enkele gewassen die in de KEV ontbraken (bijv. bloembollen en boomgaarden).

Voor Scenario's 2-4 zijn de effecten op gewasareaal van de volgende maatregelen meegenomen:

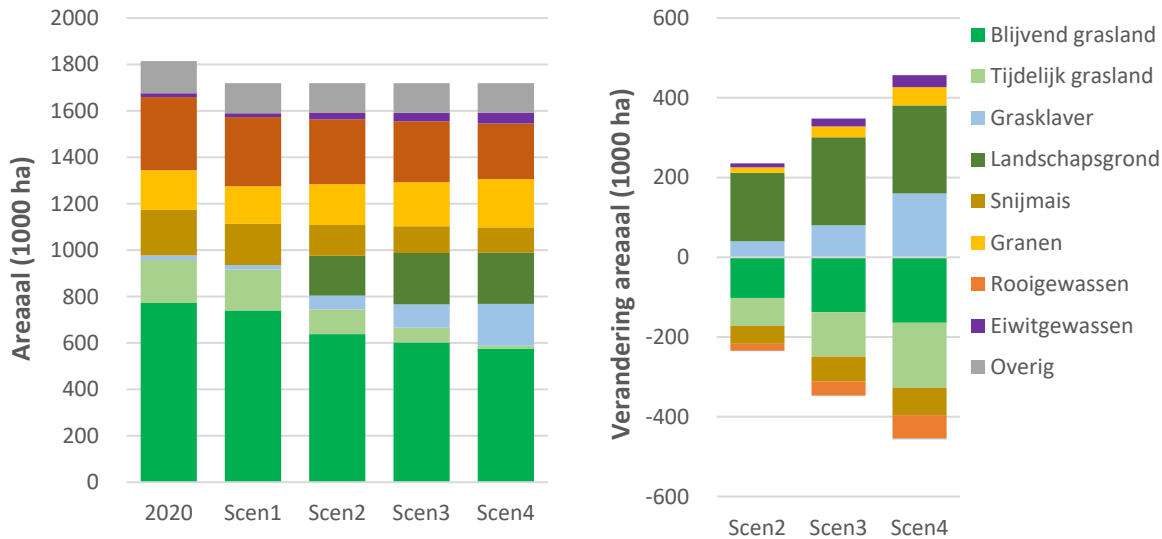
- Financiële afwaardering landbouwgronden
- Meer blijvend grasland
- Meer rustgewassen in rotatie
- Stikstofbindende eiwitgewassen
- Grasklaver inzaaien

De financiële afwaardering van landbouwgronden is bedoeld om de landbouw te extensiveren en daarmee de emissies naar water en lucht te verminderen. Er is op dit moment nog geen exacte definitie van deze zogenaamde landschapgrond. In onze berekeningen zijn we ervan uitgegaan dat dit blijvend grasland wordt waar wel beweiding en dierlijke mest wordt toegediend tot een maximum van 170 kg N/ha, maar geen kunstmest wordt toegediend en niet wordt geploegd. Op basis van de aannames in paragraaf 3.3.2 is het areaal landschapgrond 172.000 ha in Scenario 2 en 221.000 ha in Scenario 3 en 4. We gaan ervan uit dat 60% van deze grond al blijvend grasland was, 20% tijdelijk grasland en 20% snijmais; dit is in lijn met de gemiddelde verdeling in de Nederlandse melkveehouderij. Verondersteld is dus dat al deze grond wordt omgezet naar blijvend grasland in beheer als landschapgrond.

Voor de maatregel bosuitbreiding wordt ervan uitgegaan dat dit past binnen het areaal dat vrijkomt door de autonome afname van het landbouwareaal. Het gaat hierbij om maximaal 19.000 ha extra bos buiten het Natuurnetwerk Nederland, terwijl er in de periode 2020-2035 zo'n 90.000 ha landbouwgrond verdwijnt. Ook voor landschapselementen is verondersteld dat dit grotendeels past binnen het areaal van de autonome afname van landbouwgrond. In de beleidsscenario's zijn geen aanpassingen gemaakt voor het areaal bufferstroken, enerzijds omdat dit pas in een laat stadium van deze studie bekend werd, en anderzijds zal

een groot deel grasland zijn, waar het landgebruik niet zal veranderen, maar alleen de bemesting zal verminderen.

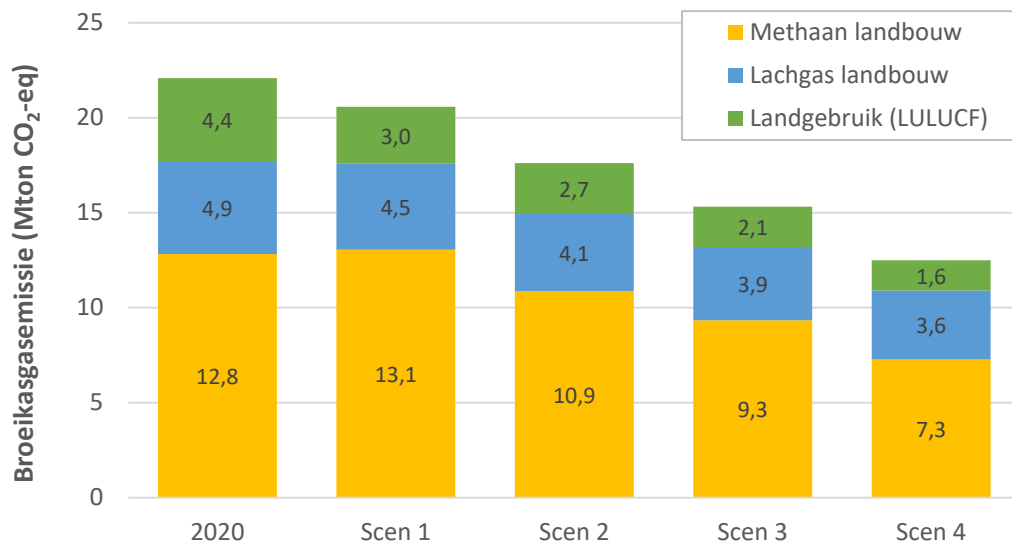
Het effect van de bovengenoemde maatregelen op de gewasarealen in de verschillende scenario's is weergegeven in Figuur 8; meer details over de gewasarealen staan in Bijlage 1. Het areaal bouwland neemt in de scenario's licht af, doordat een deel van het snijmais areaal wordt omgezet in grasland. Het areaal akkerbouw blijft wel gelijk, maar door de maatregelen meer rustgewassen en stikstofbindende eiwitgewassen vinden er wel verschuivingen plaats, met name ten koste van de rooigewassen.



Figuur 8 Gewasarealen (1000 ha) voor 2020 en de verschillende scenario's in 2035 (links) en de verandering in gewasarealen voor Scenario 2, 3 en 4 t.o.v. referentie 2035 (rechts).

4.2 Broeikasgasemissies

Figuur 9 geeft het resultaat van de totale broeikasgasemissies voor de AFOLU-sector voor 2020 en de vier 2035-scenario's. Deze resultaten zijn gebaseerd op doorrekening van de beleidsscenario's met het AFOLU-raamwerk. De totale emissie van landbouw en landgebruik neemt af van 22,1 Mton CO₂-eq in 2002 naar 12,5 Mton CO₂-eq in Scenario 4 (-43%). In Scenario 2 (-20%) en Scenario 3 (-31%) is de afname minder, doordat in deze scenario's minder maatregelen worden genomen en voor Scenario 2 de veestapel minder afneemt vergeleken met Scenario 3 en 4. In Bijlage 2 staat een tabel met alle broeikasgasemissies per bron. In onderstaande paragrafen gaan we verder in op de uitsplitsing naar bronnen van emissie en C-vastlegging. De resultaten voor 2020 zijn niet helemaal vergelijkbaar met de data uit de NIR 2022, aangezien daar nog de GWP-waarden uit het IPCC AR4-rapport worden gebruikt (GWP is de omrekening van het broeikas effect van methaan en lachgas naar CO₂-equivalenten) en wij bij de berekeningen hebben aangesloten bij de KEV 2022 waar de nieuwste omrekenfactoren uit het vijfde 'Assessment Report' (AR5) worden gebruikt. Daarnaast zijn er het afgelopen jaar ook kleine methodewijzigingen geweest die nog voor verschillen kunnen zorgen.

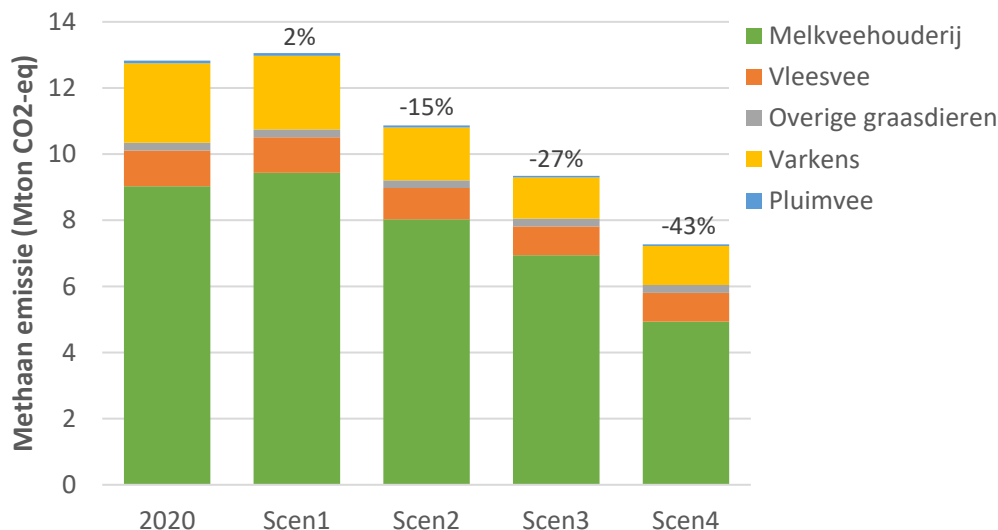


Figuur 9 Overzicht van de totale netto broeikasgasemissie uit de AFOLU-sector in 2035 in de vier verschillende scenario's.

4.2.1 Landbouw

4.2.1.1 Methaanemissies veehouderij

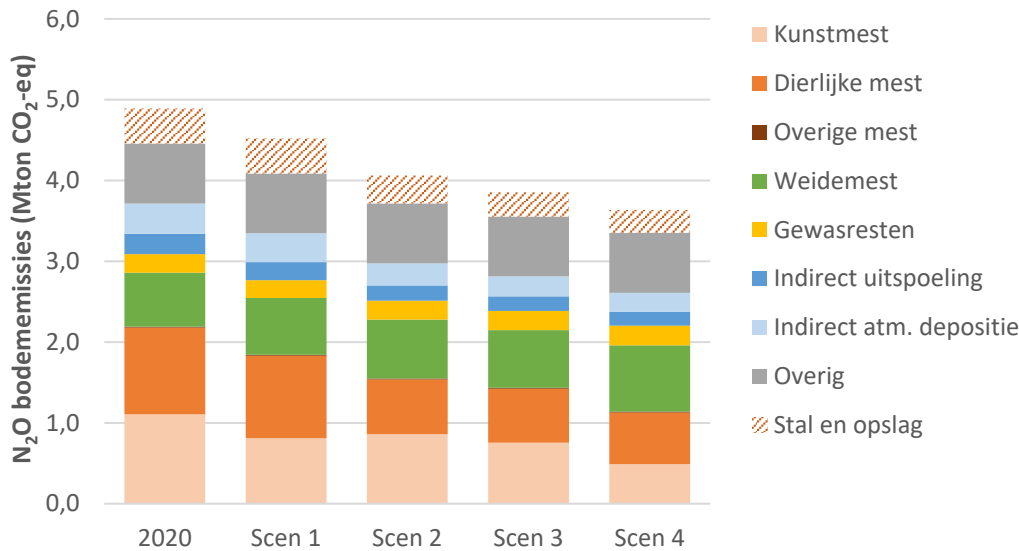
De methaanemissies zijn de grootste bron van broeikasgassen uit de landbouw, waarvan de melkveehouderij met 70% het grootste aandeel heeft, gevolgd door varkens (19%) en vleesvee (8%), zie Figuur 10. Van deze totale methaanemissie is methaan uit pensfermentatie met 68% (gebaseerd op 2020 resultaten) de voornaamste bron. In het referentiescenario nemen de methaanemissies licht toe ten opzichte van 2020 door een hogere emissie uit de melkveehouderij. Ook al neemt het aantal melkkoeien af, de melkproductie per koe neemt wel toe en daarmee ook de methaanemissie per koe. Emissies uit pensfermentatie nemen in Scenario 4 af met 43% t.o.v. van het referentiescenario, terwijl de afname in Scenario 2 slechts 15% is en in 27% in Scenario 3. Dit verschil komt met name door de toepassing van voeradditieven in Scenario 4, terwijl deze in de andere scenario's niet wordt toegepast. Dit geldt ook voor fokken op lage methaanemissie, maar hiervan is de impact in 2035 nog maar beperkt. Veel van de methaanmaatregelen worden nog niet gestimuleerd vanuit het beleid, maar alleen vanuit private initiatieven om de carbon footprint in de melkveehouderij te verlagen. Daardoor is met name in Scenario 4 de reductie het grootst. Methaan uit mestopslagen en mestbewerking is de belangrijkste bron van methaan in de (varkenshouderij), terwijl dit bij melkvee slechts 20% van de methaanemissies is. Voor methaanemissies uit mestopslagen is het verschil tussen de scenario's kleiner met 26% reductie in Scenario 2 en 45% reductie in Scenario 4. De Nationale Methaanstrategie (Ministerie LNV, 2022) gaat uit van een restemissie van 9.2 megaton CO₂-equivalenten voor de landbouw, exclusief de glastuinbouw. Daarbij is rekening gehouden met de Methane Pledge, een vermindering van 30% methaan in 2030 ten opzichte van 2020. Dat streven wordt in Scenario 3 in het jaar 2035 nog net niet bereikt. Scenario 4 komt in 2035 uit op een methaanemissie van ruim 7 megaton CO₂-equivalenten en lijkt daarmee het enige scenario te zijn dat de doelen van de Nationale Methaanstrategie in 2030 weet te behalen.



Figuur 10 Methaanemissie uit de veehouderij uitgesplitst naar diercategorie voor 2020 en de vier 2035-scenario's.

4.2.1.2 Lachgasemissies bodem

De totale lachgasemissies uit de landbouw bedroegen ongeveer 5 Mton CO₂-eq in 2020, waarvan het overgrote deel gerelateerd is aan emissies uit bodems (Figuur 11). In 2035 zijn de emissies 8% (Scenario 1) tot 26% (Scenario 4) lager dan in 2020. Wel zijn er grotere verschillen tussen emissiebronnen. N₂O-emissies uit kunstmest nemen het meest af, tot 56% minder in Scenario 4. In dat scenario is de totale N-kunstmestgift 40% lager vergeleken met 2020, door de toepassing van grasklaver en efficiëntere bemesting en daarnaast worden in Scenario 4 ook nitrificatieremmers toegepast. Voor dierlijke mesttoediening nemen de emissies af met 5% in Scenario 1 tot 41% in Scenario 4. Dit wordt met name verklaard door de afschaffing van de derogatie, waardoor de dierlijke mestgift in Scenario 2-4 met 32-36% afneemt t.o.v. 2020. Emissies uit weidemest nemen daarentegen juist toe met 5% in Scenario 1 tot 23% in Scenario 4, aangezien in die scenario's meer beweiding plaatsvindt. Mogelijk worden deze emissies nog wel overschat, aangezien de Nederlandse emissiefactor verouderd is, en de IPCC-emissiefactor in 2019 veel lager is geworden. De indirecte N₂O-emissies door N-uitspoeling en N-depositie nemen met ongeveer een derde af in Scenario 4 door de lagere bemesting en lagere ammoniakemissie. De post overige N₂O-emissies bestaat uit de emissiebronnen mestbe- en verwerking, graslandvernieuwing en veenbodems en moerige gronden. Deze emissiebronnen zijn niet expliciet berekend met het AFOLU-framework en zijn daarom gelijk gehouden aan de getallen uit de KEV2022. De maatregelen in het veenweidegebied leiden wel tot minder CO₂-emissie en daardoor ook tot minder stikstofmineralisatie, maar het is nog onduidelijk of dit dan ook leidt tot minder lachgasemissies. De voorlopige resultaten uit het NOBV-programma laten hiervoor nog geen duidelijk beeld zien, dus vandaar dat deze emissiebron hetzelfde is gehouden in alle scenario's.

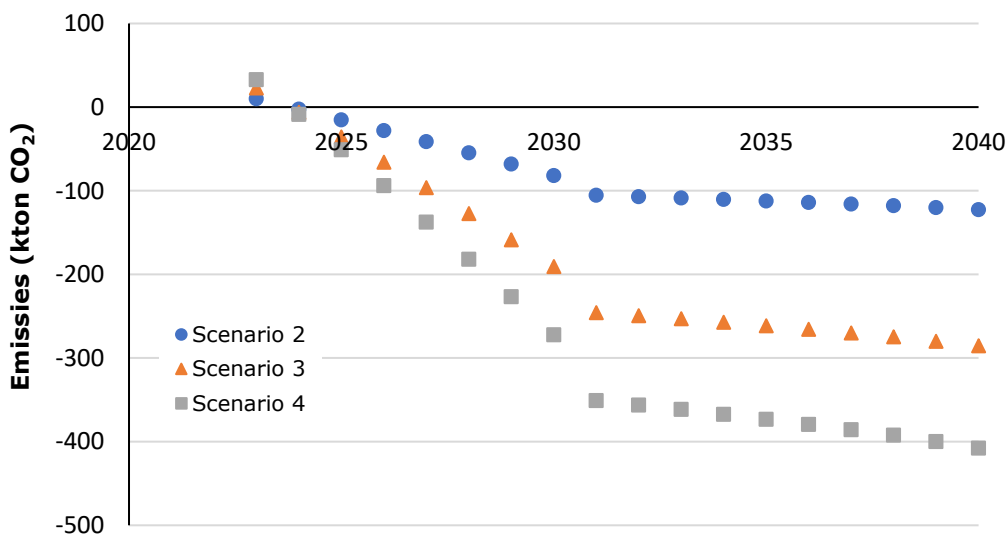


Figuur 11 Lachgasemissie landbouw uitgesplitst naar emissiebron voor 2020 en de vier scenario's in 2035.

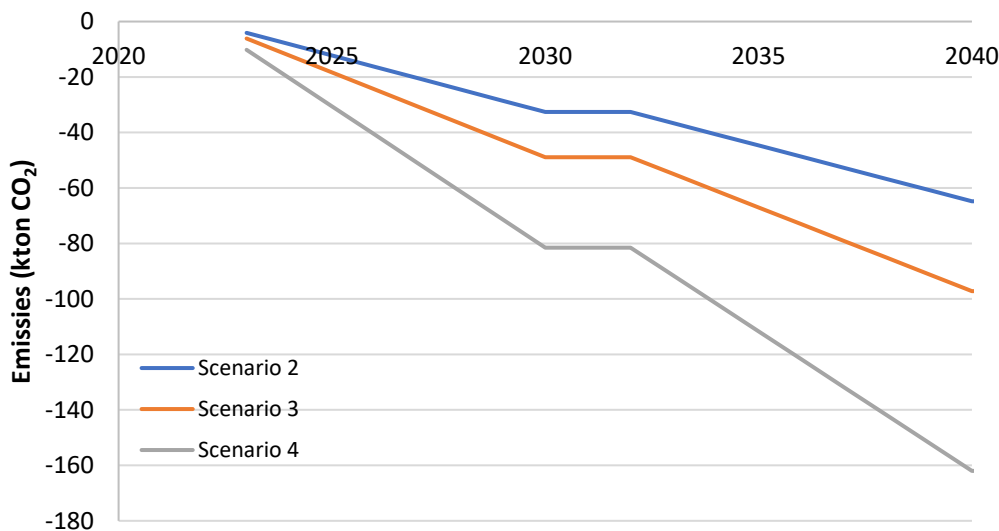
4.2.2 Landgebruik

4.2.2.1 Bos en natuur

Additionele bosaanplant op grasland zorgt in eerste instantie tot een beperkte netto CO₂-emissie door verlies van gras biomassa en verandering van koolstofvoorraden in de bodem die, afhankelijk van bodemtype op de groeiplaats, hoger kan zijn voor grasland dan bos. Vervolgens zal er netto vastlegging plaatsvinden (zie Figuur 12). Tot en met 2030 neemt die relatief sterk toe doordat er ieder jaar additioneel bosaanplant bijkomt. Na 2030 vlakt de CO₂-vastlegging af, omdat er geen additioneel bos aangeplant wordt, maar het tot en met 2030 aangeplante bos zal wel CO₂ blijven vastleggen. Revitaliseringsmaatregelen zorgen meteen vanaf 2023 voor additionele vastlegging van CO₂ ten opzichte van Scenario 1 (Figuur 13). Tot en met 2030 komt er steeds extra oppervlakte bij waarvoor de maatregelen een effect hebben en de additionele CO₂-vastlegging ieder jaar toeneemt. Vanaf 2033 geldt steeds voor een groter deel van de gerevitaliseerde oppervlaktes dat de maatregel langer dan tien jaar ervoor is doorgevoerd en er daardoor twee keer zoveel CO₂ wordt vastgelegd als in de jaren ervoor. Daardoor nemen de verwijderingen dus weer verder toe. In realiteit zal die vastlegging over de tijd geleidelijker toenemen, maar om dat te bepalen, zijn er nog onvoldoende gedetailleerde data beschikbaar.

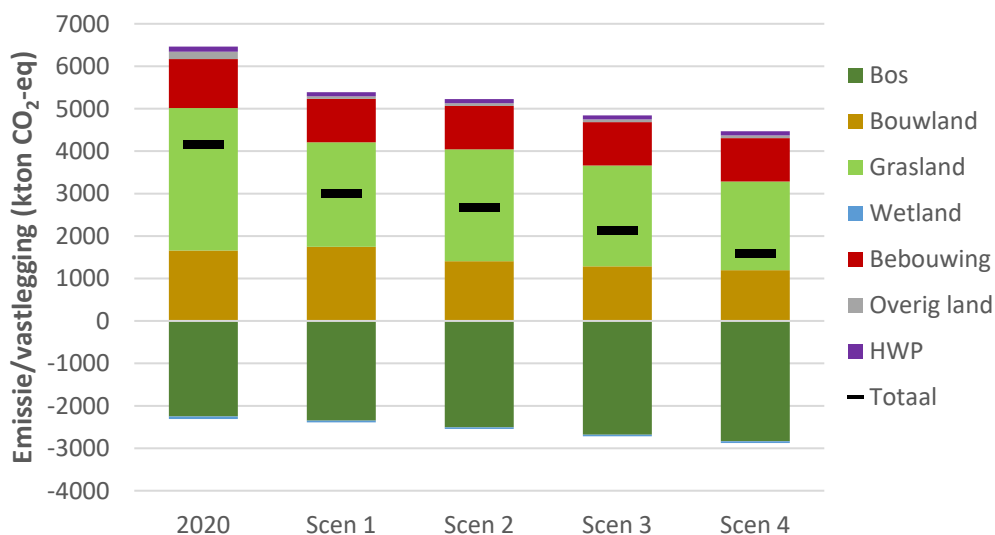


Figuur 12 Additionele emissies en vastlegging (negatieve emissies) als gevolg van de additionele aanplant van bos in Scenario's 2-4 ten opzichte van Scenario 1 (KEV).



Figuur 13 Additionele emissies en vastlegging (negatieve emissies) als gevolg van de revitaliseringsmaatregelen in bos in Scenario's 2-4 ten opzichte van Scenario 1 (KEV).

Figuur 14 geeft een overzicht van de emissies en vastlegging in de landgebruik-sector. Dit is opgedeeld in de verschillende landgebruikcategoriën zoals deze ook voor de emissieregistratie voor LULUCF worden gerapporteerd. De netto-emissie uit landgebruik neemt af van 4,2 Mton CO₂-eq in 2020 naar 3,0 Mton CO₂-eq in Scenario 1 tot 1,6 Mton CO₂-eq in Scenario 4. Dit komt enerzijds door een toenemende vastlegging in bos als gevolg van de maatregelen van bosuitbreiding en revitalisering van bossen, en daarnaast een afnemende emissie uit grasland. Dit laatste komt met name door de emissiereductie van veenweides door de maatregelen peilverhoging en waterinfiltratie. Ook de vastlegging in houtige landschapselementen valt onder grasland, aangezien deze landschapselementen niet onder de bos-definitie vallen. Ook de emissies uit bouwland nemen af, met name door de bodemkoolstofmaatregelen zoals rustgewassen en groenbemesters. De emissies uit de overige landgebruikcategoriën (wetland, bebouwing, HWP, overig) zijn in alle 2035-scenario's hetzelfde, aangezien deze niet door de maatregelen worden beïnvloed.



Figuur 14 Broeikasgasemissie (+) en vastlegging (-) in landgebruik voor de vier scenario's voor 2035 (HWP = Harvested Wood Products). De zwarte lijnen in de grafiek geven de netto effecten van emissie en vastlegging.

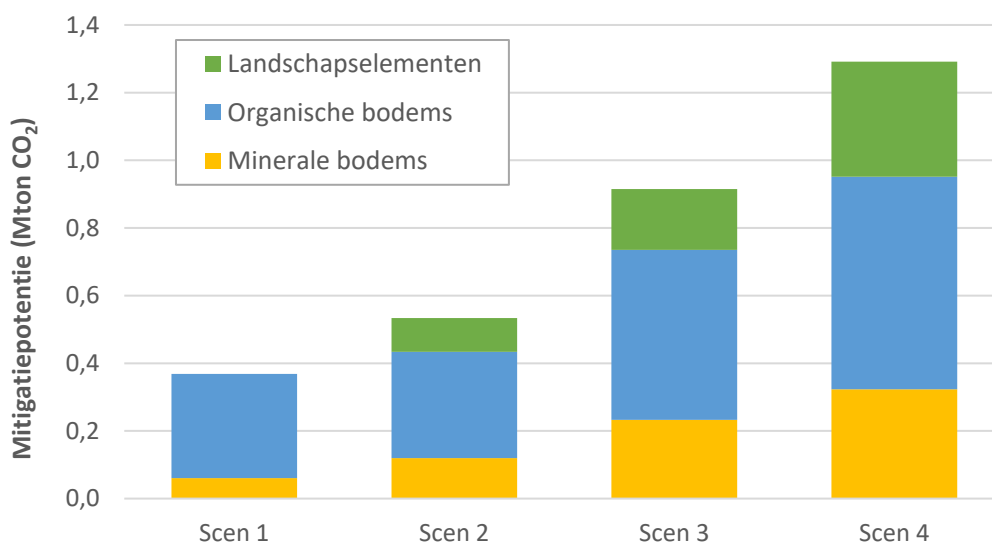
4.2.2.2 Landbouwbodems, veenweide en landschapselementen

In de vorige paragraaf zijn de resultaten besproken per landgebruikcategorie, maar voor meer inzicht worden in deze paragraaf ook de resultaten per thema gepresenteerd, met onderscheid naar CO₂-vastlegging in minerale landbouwbodems, emissiereductie in veenweidegebieden en CO₂-vastlegging in de houtige landschapselementen.

De additionele CO₂-vastlegging in minerale landbouwbodems t.o.v. 2020 neemt toe van 0,06 Mton CO₂ in Scenario 1 naar 0,32 Mton CO₂ in Scenario 4. Hierbij moet worden opgemerkt dat Scenario 1 nog uit gaat van het behoud van de derogatie, terwijl de derogatie in Scenario's 2-4 is afgeschaft. Dit leidt tot minder dierlijke mest op grasland en daardoor tot een lagere koolstofaanvoer. Het effect hiervan wordt ingeschat op ongeveer 200-300 kton CO₂ minder vastlegging. Dit effect is nog wel onzeker, aangezien er mogelijk ook verschuivingen in de mestmarkt kunnen optreden, waarbij meer runderdrijfmest naar de akkerbouw zal gaan ten koste van varkensdrijfmest (wat een lager OS-gehalte heeft). Aan de andere kant is er ook een risico dat grasland wordt omgezet in snijmais, aangezien met het vervallen van de derogatie ook de verplichting van minimaal 80% grasland vervalt. Het effect van de maatregelen (meer blijvend grasland, waaronder landschapsgrond, meer rustgewassen en meer groenbemesters) is dus groter dan de resultaten in Figuur 15 laten zien, omdat ze in de resultaten deels teniet worden gedaan door het vervallen van derogatie. Het doel uit het nationale Klimaatakkoord van 0,4-0,6 Mton extra CO₂-vastlegging in landbouwbodems in 2030 wordt in geen van de scenario's behaald. Dit komt met name door het effect van de afschaffing van de derogatie.

De CO₂-emissiereductie in veenweidegebieden varieert van 0,31 Mton CO₂ per jaar in Scenario 1 tot 0,63 Mton CO₂ in Scenario 4. In Scenario 1 is voor de KEV 2022 alleen nog maar het effect van de regionale veenweidestrategieën van Friesland en Utrecht meegenomen, terwijl Scenario 4 uitgaat van volledige implementatie van peilverhoging en waterinfiltratie in alle zes veenweideprovincies. Ook voor veenweide wordt het doel uit het nationale Klimaatakkoord van 1.0 Mton CO₂ emissiereductie uit veenweide niet behaald in de scenario's en zouden dus extra maatregelen, zoals peilverhoging tot 30 cm onder maaiveld of omzetting naar paludicultuur of natuur, nodig zijn.

Landschapselementen waren nog niet meegenomen in de KEV 2022 (Scenario 1), maar zijn wel meegenomen in de andere 2035-scenario's. De CO₂-vastlegging varieert van 0,10 Mton CO₂ per jaar in Scenario 2 tot 0,34 Mton CO₂ in Scenario 4. De CO₂-vastlegging in landschapselementen is nog wel erg onzeker, aangezien er weinig meetdata beschikbaar zijn. In de Nederlandse bosinventarisatie worden tot nu toe alleen bomen gemeten in bossen en niet in landschapselementen en daarnaast is er veel variatie mogelijk in boom- en struiksoorten die als landschapselement kunnen worden toegepast.



Figuur 15 Mitigatiepotentie voor minerale en organische landbouwbodems en landschapselementen voor de vier scenario's in 2035.

4.3 Economische effecten

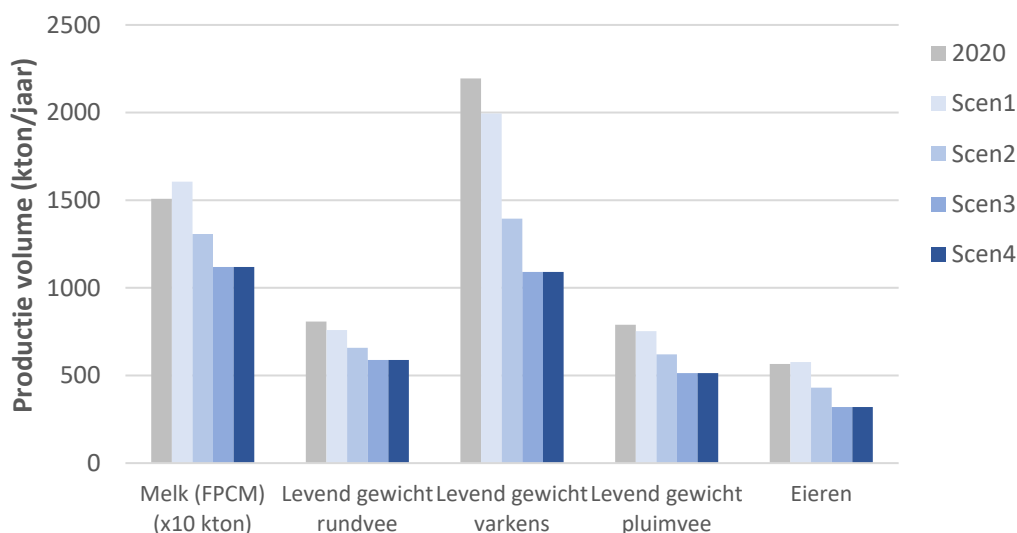
In deze paragraaf worden de economische effecten gepresenteerd. Ze worden steeds gepresenteerd als veranderingen ten opzichte van het referentiescenario (Scenario 1). De effecten worden opgesplitst in vier deelcategorieën:

- De kosten (verlies aan baten) die direct samenhangen met de krimp in de primaire sector;
- De kosten die samenhangen met de aanpassingen (desinvesteringen) die nodig zijn bij de toeleverende en verwerkende industrie;
- De vermeden schade door de verlaagde emissies uit dierlijke sectoren en de bodem;
- De vermeden schade die samenhangt met aanpassing van de emissies vanwege veranderingen in het landgebruik;
- Het integrale effect (netto bate) van alle bovenstaande maatregelen samen.

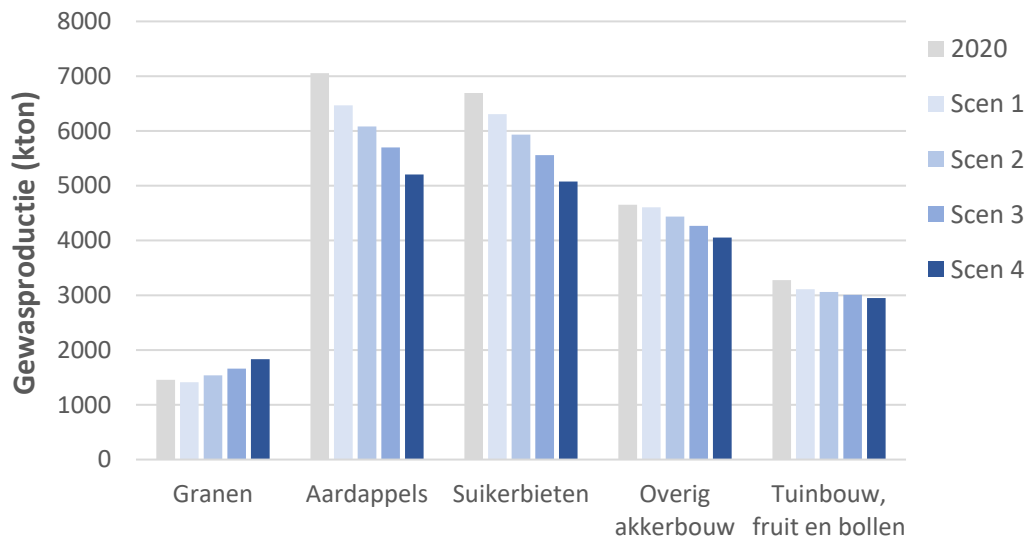
Omdat aangenomen mag worden dat de doorwerking grotendeels heeft plaatsgevonden in 2035 en dat in de tussenliggende jaren nog steeds aanpassingen plaatsvinden, is er in de onderstaande bespreking voor gekozen om de aandacht te focussen op 2035 als 'eindjaar'. Kosten en baten worden gepresenteerd als jaarlijkse realisaties en niet cumulatief (en gediscoteerd) over de periode 2023-2035.

4.3.1 Productievolumes

Een belangrijke factor voor de verklaring van de economische impact is wat er gebeurt met de productievolumes. Deze lopen fors terug door de krimp in het aantal dieren door veestapel reducerende maatregelen (uitkoop) en het daarmee inperken van de fosfaat- en dierrechten. De sterkere afname van het aantal dieren ten opzichte van de beschikbare grond leidt tot een potentiële extensivering in de grondgebonden veehouderij. Een 'compenserende factor' is daarbij de in de tijd stijgende productiviteit, iets dat vooral in de melkveehouderij doorwerkt (stijging in de melkproductie per koe). Die productiviteitsstijging doet zich niet alleen voor in het referentiescenario, maar ook in de andere scenario's. De extensivering en andere emissie beperkende maatregelen remmen de productiviteitsstijging in Scenario 2, 3 en 4 weliswaar enigszins af, maar dat blijft nog steeds een factor die bijdraagt aan productiegroei. Niettemin zijn de dalingen in de productievolumes fors en kunnen ze oplopen tot gemiddeld voor alle beschouwde sectoren tot 25% (Scenario 2) en 38% (Scenario 3 en 4), waarbij met name de krimp in de intensive veehouderij sterk is.



Figuur 16 Ontwikkeling van productievolumes in de dierlijke productie in vier scenario's in 2035 ten opzichte van 2020.



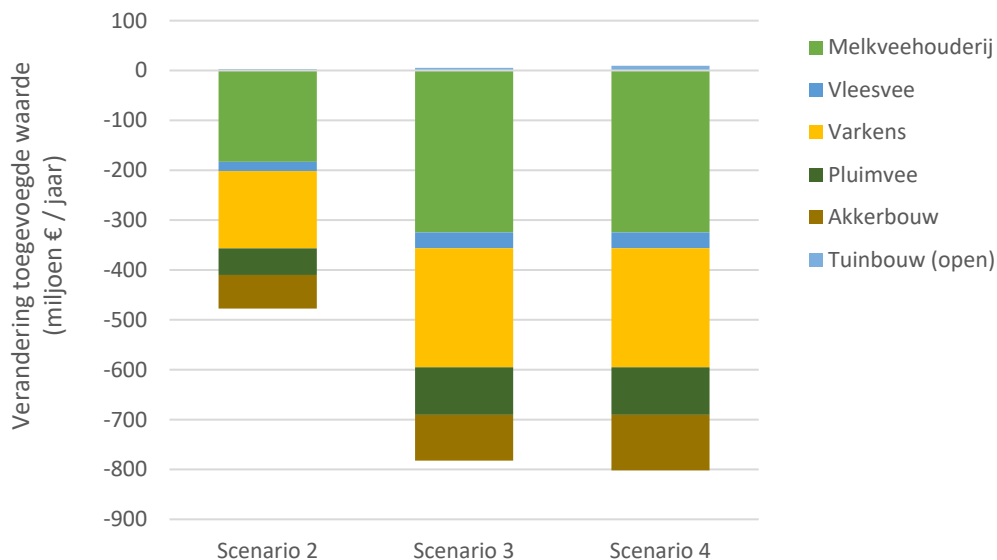
Figuur 17 Ontwikkeling van de productievolumes bij de plantaardige productie in vier scenario's in 2035 ten opzichte van 2020.

4.3.2 Financiële impact op de primaire sectoren

In de primaire sector vinden twee cruciale veranderingen plaats in de scenario's. Enerzijds is er sprake van bedrijven die stoppen en daarmee een directe krimp van de veehouderijsectoren veroorzaken. Dit uit zich in het stoppen van bedrijven met een navenante reductie in de veestapel (vanwege de gekoppelde reductie in productierechten). Anderzijds is er sprake van extra kosten die moeten worden gemaakt door de bedrijven die doorgaan (de blijvers) om aan de nieuwe milieuraandvoorwaarden te voldoen (zie ook discussie in hoofdstuk 3 voor meer details). Ten slotte is er sprake van een toename in de productiviteit, een positief effect dat mitigerend werkt op de negatieve effecten op de toegevoegde waarde vanwege de krimp en de extensivering. De melkproductie per koe gaat over de periode 2020-2035 omhoog met circa 15% in het referentiescenario en in Scenario 2 nog steeds met ruim 12%.

4.3.2.1 Verandering toegevoegde waarde

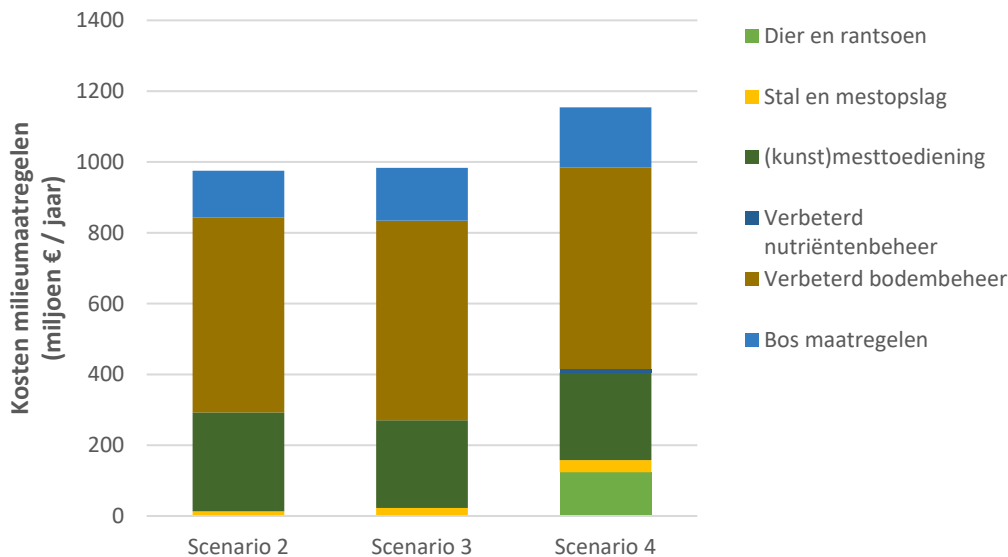
De saldi van de kosten (verlies aan toegevoegde waarde door krimp van het aantal dieren) en baten (productiviteitsstijging) worden weergegeven in Figuur 18 in de vorm van verandering van toegevoegde waarde, met een uitsplitsing naar sectoren. Het nettoverlies van toegevoegde waarde loopt op tot circa 800 miljoen euro per jaar voor Scenario 3 en 4 in 2035. Dat is ongeveer 7,5% verlies van de toegevoegde waarde relatief ten opzichte van het referentiescenario (zie Scenario 1; dit referentiescenario laat zelf ook al een daling van de productie in de tijd zien). Daarbij wordt nog geen rekening gehouden met de extra kosten die de blijvers moeten maken in verband met extra milieumaatregelen (zie daarvoor vervolg). Er zit weinig onderling verschil tussen Scenario 3 en 4, maar wel tussen Scenario 3 en 4 ten opzichte van Scenario 2 (pessimistisch scenario). In Scenario 2 is het verlies bijna 40% lager. Dit komt omdat in dat scenario de krimp in de primaire sector relatief kleiner is. Voor een belangrijk deel wordt dit veroorzaakt doordat in Scenario 2 uiteindelijk minder bedrijven uitgekocht kunnen worden en er dus ook minder krimp van de productie wordt gerealiseerd.



Figuur 18 Verlies aan toegevoegde waarde door krimp van primaire sector in 2035 (veranderingen ten opzichte van Scenario 1).

4.3.2.2 Kosten mitigatiemaatregelen

Aan de bedrijven die doorgaan (de blijvers), worden allerlei maatregelen (waaronder het gebruik van voeradditieven, maatregelen m.b.t. mestopslag, bufferzones, meer gras-kloverland, nitrificatie remmers, bemestingsbeperkingen, toepassen precisielandbouw) opgelegd die tot verdere emissiereductie moeten leiden. Bovendien krijgen de bedrijven te maken met extra kosten voor mestverwerking vanwege het verlies van derogatie, dat eveneens in deze periode zijn volle beslag krijgt. De geschatte kosten van al deze maatregelen worden weergegeven in Figuur 19. Ze kunnen oplopen tot circa 1,17 miljard euro per jaar in 2035 voor Scenario 4. Wat opvalt, is dat er wat betreft deze kosten nauwelijks sprake is van een verschil tussen Scenario 2 en 3. Dat komt omdat er voor de meeste kostenverhogende maatregelen die worden opgelegd slechts beperkte verschillen zijn tussen beide scenario's. De grote verschillen tussen deze twee scenario's zitten met name in de effectiviteit van de opkoopregelingen en daarmee de krimp van de veestapel, maar hier gaat het om de kosten voor de blijvende boeren. De maatregelen zijn geclusterd in een zestal categorieën, waarbij vooral de maatregelen in het cluster 'verbeterd bodembeheer' een belangrijk aandeel in de kosten hebben. De manier waarop de maatregelen worden geïmplementeerd en ook hoe het beleid daarbij wordt vormgegeven, doet ertoe. Als er sprake is van dwingende regulering drukken de kosten sterker op de landbouw dan wanneer er sprake is van 'compenserende' subsidies en financiële prikkels. Met dat laatste is nu geen rekening gehouden en impliciet is aangenomen dat er geen structurele verhoging komt van het GLB-budget (of nationale middelen) die voor de landbouw worden ingezet.

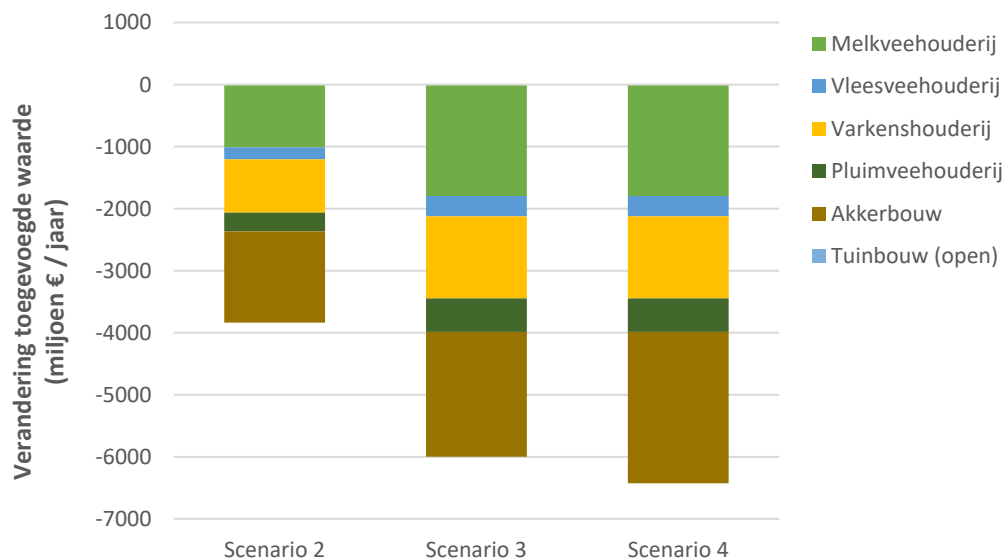


Figuur 19 Kosten van milieumaatregelen samenhangend met de doorgaande bedrijven in 2035 (veranderingen ten opzichte van Scenario 1).

4.3.3 Financiële impact op de toeleverende en verwerkende sectoren

Door de krimp in de primaire sector vanwege bedrijven die stoppen en ook vanwege de druk op de opbrengsten per dier en hectare vanwege de milieumaatregelen (waaronder extensivering van de productie), krimpt ook de verwerkende en toeleverende industrie mee met de krimp in de primaire sector. Het verlies aan toegevoegde waarde loopt daardoor op tot circa 6,1 miljard euro per jaar in 2035 (Scenario 3 en 4). Uitgedrukt als percentage van de totale toegevoegde waarde in hetzelfde jaar in het referentiescenario is dit een verlies van ruim 11%. Dit verlies is dus ruim zevenmaal zo groot als het verlies aan toegevoegde waarde in de primaire sector. Voor Scenario 2 is het verlies aan toegevoegde waarde circa 35% lager dan in Scenario 3, doordat de krimp van de veestapel kleiner is.

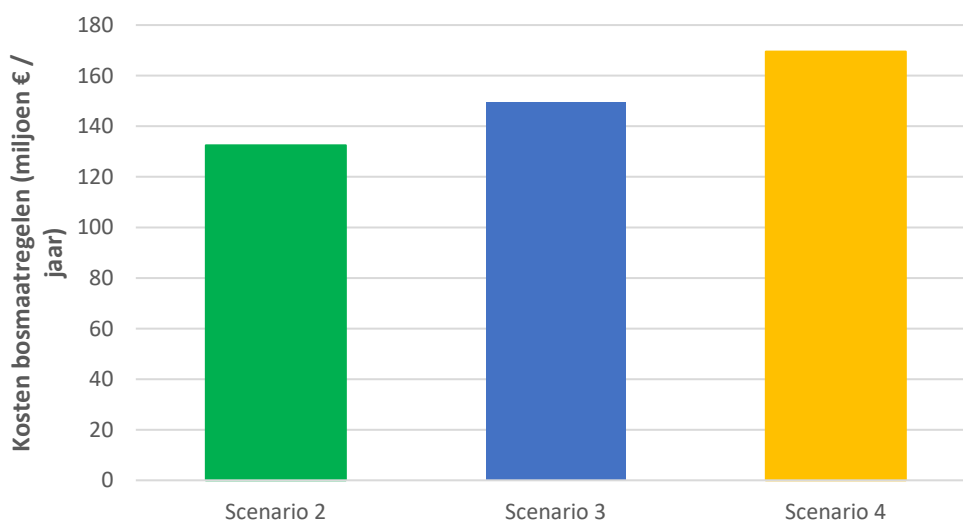
Tegenvallende beleidsprogressie (bijv. door minder uitkoop dan gepland) leidt dus economisch gezien tot minder verlies aan toegevoegde waarde in het Nederlandse agrocomplex (in 2035 is dat circa 2 miljard minder). In Scenario 4 wordt aangenomen dat het bedrijfsleven extra inzet op onder andere het halen van hogere klimaatambities. Zoals het verschil tussen Scenario 3 en 4 laat zien, leidt dat tot extra kosten (circa 150 miljoen). De vraag is of de primaire sector zich daar 'vrijwillig' in zal laten meenemen. Om de extra kosten te compenseren, zou het bedrijfsleven dus circa 150 miljoen euro uit de markt moeten halen om de boeren een prijspremie ter compensatie van de hogere kosten te geven. Zonder een dergelijke compensatie is het weinig waarschijnlijk dat Scenario 4 vrijwillig van de grond komt.



Figuur 20 Verlies aan toegevoegde waarde in toeleverende en verwerkende industrie als gevolg van aanpassingen in de landbouw voor 2035 (veranderingen ten opzichte van Scenario 1).

4.3.4 Financiële impact vanwege de bossector

De maatregelen met bos betreffen enerzijds revitalisering van bestaand bos en anderzijds ook uitbreiding van het bosareaal. Daarbij is sprake van kosten voor revitalisering en ook van kosten in verband met de aanleg van nieuw bos (zie ook paragraaf 3.2.4). Bij dat laatste is in economische zin van belang dat er grond die eerder een andere aanwending had (bijv. in gebruik was bij de veehouderij) nu moet worden 'omgezet' naar bos en van bosaanplant moet worden voorzien. Ook is er sprake van onderhoudskosten. Er is van een in de tijd geleidelijke implementatie van de geplande extra bosarealen uitgegaan. Aan de batenkant kan er een bijdrage zijn van vermarktbaar baten in de vorm van houtproductie. Voor het nu aangeplante bos vallen die grotendeels buiten de hier beschouwde periode (en ze spelen in de huidige analyse dus geen rol). Extra bos draagt ook bij aan extra CO₂-opslag en de bate daarvan wordt wel meegenomen, maar niet onder de bossector, maar bij de categorie 'vermeden milieuschade' (zie volgende paragraaf). Er kunnen ook nog extra baten gaan ontstaan vanwege extra recreatie, maar deze zijn niet meegenomen (en voor jong zich nog ontwikkelend bos waarschijnlijk ook van heel beperkte omvang). De kosten lopen op tot ruim 160 miljoen euro per jaar in Scenario 4 (Figuur 21). Er is in de analyse geen rekening gehouden met specifieke kosten in het kader van compensatie voor ontbossing.



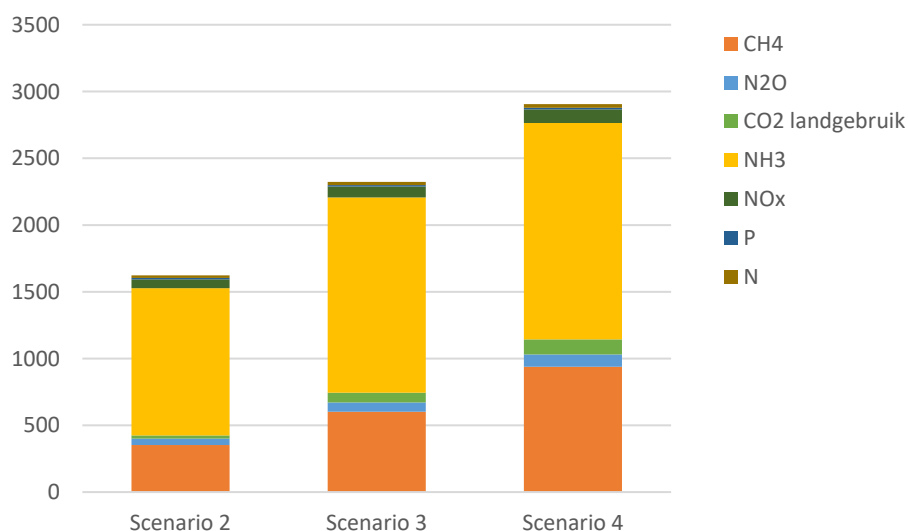
Figuur 21 Netto kosten in 2035 in verband met revitalisering en uitbreiding van bossector (veranderingen ten opzichte van Scenario 1).

4.3.5 Financiële waardering van de vermeden milieu- en gezondheidsschade

De milieumaatregelen en de transitie die worden gemaakt, leiden tot lagere emissies van stikstof, ammoniak, fosfaat en broeikasgassen en ook tot minder uitspoeling van nitraat naar het grond- en oppervlaktewater. Die lagere emissies zijn een vorm van door beleidsingrijpen vermeden milieuschade. Door gebruik te maken van schaduwrijzen (zie Handboek Milieubeprijzing van CE Delft) kan deze vermeden milieu- en gezondheidsschade ook in geld worden uitgedrukt, en daarmee vergelijkbaar worden gemaakt met andere kosten- en batencomponenten. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in vermeden milieuschade vanwege maatregelen in de landbouw (dierlijke sectoren en bemesting) en in vermeden milieuschade die samenhangt met aanpassing in landgebruik (bijv. meer bos en CO₂-vastlegging in bodems).

Wat allereerst opvalt in Figuur 22 is dat er in dit geval behoorlijke verschillen zijn tussen de scenario's, ook tussen Scenario 3 en 4. Dat laatste komt omdat er in Scenario 4, mede door de inspanningen vanuit het bedrijfsleven, nog een flinke extra emissiereductie wordt gerealiseerd die in 2035 tot circa 20% minder gemonetariseerde milieu- en gezondheidsschade leidt dan in Scenario 3. In het geval van het landgebruik leidt Scenario 4 zelfs tot een 50% hogere bate vanwege vermeden milieuschade dan Scenario 3. Acties vanuit het bedrijfsleven kunnen een substantieel verschil maken en dat kan een goede reden zijn om vanuit beleid en private sector goed samen te werken. Overigens blijken de baten van aanpassingen in het landgebruik maar een fractie te zijn (<5%) van de baten vanwege de vermeden milieu- en gezondheidsschade in de dierlijke sectoren en met betrekking tot de bodem.

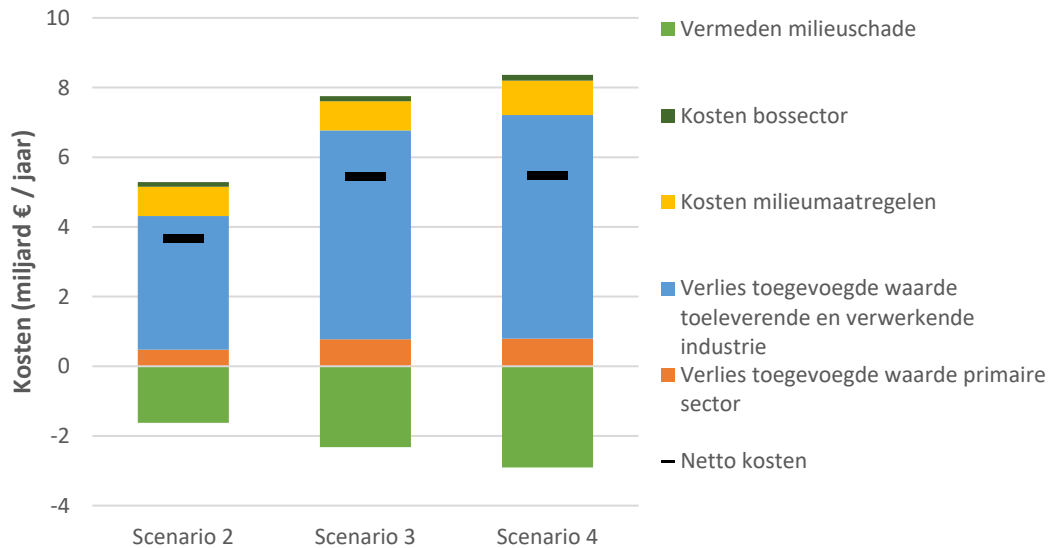
De meeste vermeden milieu- en gezondheidsschade is echter niet gerelateerd aan de reductie van broeikasgasemissies, maar aan ammoniak, ongeveer twee derde van de totale vermeden milieu- en gezondheidsschade. Ammoniak en ook NO_x hebben namelijk ook directe impact op luchtkwaliteit en daarmee op de volksgezondheid, wat in termen van financiële waardering van vermeden milieu- en gezondheidsschade een grote impact heeft. Reducties in broeikasgasemissies dragen ongeveer voor een derde bij aan de vermeden milieu- en gezondheidsschade en waterkwaliteit (N- en P-uitspoeling) maar voor 1,5%. Wat ook opvalt als de economische effecten uit Figuur 18 met die van Figuur 22 worden vergeleken, is dat het verlies aan toegevoegde waarde vanwege de krimp in de productie in de primaire landbouwsector (ca. 800 miljoen euro in Scenario's 3 en 4 in 2035) 'gemiddeld' meer dan wegvalt tegen de bate van de vermeden milieuschade (1,6 miljard euro in Scenario 2, ruim 2,3 miljard in Scenario 3 en zelfs bijna 2,8 miljard euro in Scenario 4). Wanneer echter rekening wordt gehouden met de verliezen aan toegevoegde waarde in het agrocomplex als geheel (dus inclusief de toeleverende en verwerkende industrie), dan weegt de monetaire waardering van de vermeden milieuschade niet op tegen het verlies aan inkomen in het agrocomplex.



Figuur 22 Vermeden milieu- en gezondheidsschade ten gevolge van aanpassingen in dierlijke sectoren, bodem en landgebruik in 2035 (veranderingen ten opzichte van Scenario 1).

4.3.6 Integraal kosten-batenoverzicht

In Figuur 23 zijn alle kosten en baten zoals die hiervoor zijn besproken, samengevat in een totaaloverzicht. Zoals de figuur laat zien, is er in alle drie scenario's per saldo sprake van een negatieve netto bate die in Scenario 3 en 4 oploopt tot circa 6 miljard euro per jaar. De baten van de vermeden milieu- en gezondheidsschade in de landbouw en het landgebruik zijn dus bij lange na niet voldoende om de kosten bij de landbouw, de toeleverende industrie en de uitbreiding van de bossector goed te maken. Wat ordegrrootte betreft, is de negatieve netto bate in 2035 circa 11% van de huidige totale toegevoegde waarde van het Nederlandse agrocomplex. T.o.v. van het nationaal inkomen is dit minder dan 1%, aangezien het agrocomplex hier een bijdrage van 6-7% heeft.



Figuur 23 Netto kosten van de geaggregeerde effecten (inclusief bossector) in 2035 (veranderingen ten opzichte van Scenario 1).

5 Discussie

5.1 Kwalitatieve beschouwing van de scenario's

In dit hoofdstuk geven we een kwalitatieve beschouwing van de geformuleerde toekomstscenario's. We kijken daarbij naar drie verschillende aspecten. Allereerst naar de bestuurlijke haalbaarheid, waarin gekeken wordt of de maatregelen makkelijk op landbouwbedrijven kunnen worden ingepast, wat het draagvlak is en of ze ook gehandhaafd kunnen worden. Het tweede aspect is de broeikasgasemissies in andere sectoren of landen, aangezien het belangrijk is dat er geen afwenteling van broeikasgasemissies plaatsvindt. Ten slotte kijken we ook naar de effecten van de maatregelen op andere milieuaspecten. Voor elk van de aspecten zijn verschillende criteria gedefinieerd waarvoor door de auteurs een score is bepaald, waarbij een 5-punts Likertschaal is gehanteerd van -2 (sterk negatief effect) tot 2 (sterk positief effect).

Bij deze beschouwing geven we een kwalitatieve beoordeling van het effect van individuele maatregelen op bovengenoemde aspecten. Hierdoor ontstaat ook een beeld van de impact van het geheel aan maatregelen. De scenario's verschillen voornamelijk in de mate van implementatie (die neemt toe van Scenario 2 naar Scenario 4) en niet zozeer in het type maatregelen. In zijn algemeenheid zijn de genoemde effecten voor de Scenario's 2-4 in toenemende mate van toepassing, tenzij anders vermeld.

5.1.1 Bestuurlijke haalbaarheid

Aan de hand van vier criteria is de bestuurlijke haalbaarheid van de maatregelen kwalitatief beoordeeld. De criteria zijn i) inpasbaarheid op bedrijfsniveau, ii) draagvlak, iii) juridische uitvoerbaarheid en iv) handhaafbaarheid (zie Tabel 13):

- Inpasbaarheid in bedrijfsvoering heeft betrekking op de mate waarin de maatregel eenvoudig door te voeren en terug te draaien is door de bedrijven.
- Draagvlak heeft betrekking op de steun voor de maatregel vanuit de landbouw- en bosbouwsector.
- Juridische uitvoerbaarheid omschrijft de mate waarin de maatregel juridisch afdwingbaar is. Hierbij speelt mee of er al bestaande wetgeving is waar de maatregel aan toegevoegd kan worden.
- Handhaafbaarheid heeft enerzijds betrekking op de mate waarin de uitvoering van de maatregel kan worden gecontroleerd door externe instanties en anderzijds of geconstateerde afwijkingen 'gecorrigeerd' kunnen worden. Over het algemeen is toepassing van het strafrecht erg lastig als het gaat om handhaving van managementmaatregelen op bedrijven, de handhaving is veel beter uitvoerbaar bij het toepassen van regulerende heffingen (Vellinga en De Haan, 2022). Hier beperken we ons tot de controleerbaarheid van maatregelen.

Tabel 13 *Inschatting van de bestuurlijke haalbaarheid van de maatregelen. De effecten zijn als volgt gekwantificeerd: rood (-2) sterk negatief, oranje (-1) klein negatief, geel (0) niet positief en niet negatief, licht groen (1) klein positief, donker groen (2) sterk positief.*

Maatregelen	Inpasbaarheid op bedrijfsniveau	Draagvlak	Juridische uitvoerbaarheid	Handhaafbaarheid
Structuur maatregelen				
Lbv-regeling	n.v.t.	-1	1/2	2
MGA-regeling	n.v.t.	-2/-1	-2/-1	2
Afwaardering	-2/-1	-1	-2/-1	0
Methaan pensfermentatie				
Fokken op lage methaanemissie	2	1	1	0
Laag methaanrantsoen	2	1	1	0
Voeradditieven	2	-1/1	-1	0
Methaan mestopslagen				
Mestvergisting	-2	0	-1	1
Drijfmest koelen	-1	0	-1	-1
Methaanoxidatie	-1/0	0	-1	-1
Verhoging weidegang	0	0	-1	0
Bodem N ₂ O-emissies				
Grasklaver en N-bindende gewassen	-1	-1/0	-1	2
Verlaging N-bemesting	1	-1/0	1	1
Nitrificatieremmers	1	-2	1	0
Minerale landbouwbodems				
Meer blijvend grasland	-1	-1/0	0	2
Groenbemesters/vanggewassen	1	1	1	1
Meer rustgewassen in bouwplan	-1	-1	1	2
Organische bodems				
Peilverhoging	-1	-2	1	1
Waterinfiltratie	-1	1	0	-1
Bos en natuur				
Bosuitbreiding	-1	1	-1/0	1
Revitalisering bossen	n.v.t.	1	1	1
Voorkomen ontbossing	n.v.t.	2	1	2
Landschapselementen	-1/0	-1/0	-1	2

Structuur

Er is veel maatschappelijke weerstand tegen de opkoopregelingen (Lbv-regeling en MGA-regeling). Dit resulteert gemiddeld in een negatieve score voor het draagvlak voor deze twee regelingen. Het draagvlak voor deze regelingen zal sterk afhangen van het karakter van de regeling (vrijwillige of verplichte deelname). Het draagvlak voor de Lbv-regeling is hoger ingeschat dan voor de MGA-regeling, omdat bij de Lbv-regeling bedrijven meer op eigen initiatief kunnen bepalen of ze deelnemen, terwijl bij de MGA-regeling bedrijven ook zullen worden benaderd vanwege hun specifieke locatie. De juridische uitvoerbaarheid van de Lbv-regeling is geborgd, aangezien al vergelijkbare saneringsregelingen zijn uitgevoerd in het verleden. De juridische uitvoerbaarheid van de MGA-regeling hangt ook af van het karakter van de regeling. Verplichte onteigening is juridisch een ingewikkeld proces. De Lbv-regeling en MGA-regeling scoren positief op handhaafbaarheid, aangezien het relatief eenvoudig is om te controleren of is voldaan aan de voorwaarden bij deelname aan de regeling.

Voor afwaardering is de inpasbaarheid ingeschat op -1/-2, omdat de verwachting is dat het inpassen van landschapsgrond grote veranderingen in de bedrijfsvoering (bv. lagere bemesting, veebezetting, opbrengsten en melkproductie en meer beweiding) met zich meebrengt. Een deel landschapsgrond inpassen zal minder consequenties hebben dan volledige omschakeling naar landschapsgrond. Ook het draagvlak is negatief ingeschat, omdat voor veel bedrijven productiviteit van land en vee belangrijke bepalende factoren zijn voor het inkomen. Zowel de mate van inpasbaarheid als het draagvlak zal bij afwaardering sterk afhangen van de eisen die worden gesteld aan de afgewaardeerde grond, de exacte invulling van stimulerende regelingen en de mate van vrijwilligheid. Juridische uitvoerbaarheid is voor afwaardering ingeschat als -1/-2, vooral omdat het een nieuwe vorm van werken is en dus nog veel zaken moeten worden uitgevonden. Ook moet het

ingepast worden in de gebiedsprocessen. Handhaafbaarheid van afwaardering is neutraal gescoord, omdat dit nog erg moeilijk is in te schatten.

Methaan

De maatregelen in de categorie methaan-pensfermentatie zijn redelijk goed in te passen in de bedrijfsvoering, aangezien de maatregelen geen investeringen of grote wijzigingen in het management vergen. Dit is ook positief voor het draagvlak van de maatregelen. De maatregelen werken kostprijsverhogend, compensatie is waarschijnlijk nodig om voldoende draagvlak te creëren onder de veehouders. Veehouders kunnen morele bezwaren hebben tegen voeradditieven, wat negatief uitwerkt op het draagvlak voor deze maatregel. De juridische uitvoerbaarheid en handhaafbaarheid van voeradditieven zijn matig of nog onduidelijk.

De maatregelen in de categorie methaan mestopslag scoren negatief tot matig op het criterium inpasbaarheid op bedrijfsniveau. Mestvergisting, methaanoxidatie en het koelen van drijfmest vergt investeringen. Dat betekent dat het lastig is om deze snel in te voeren. De snelheid van invoering is daarom gekoppeld aan de snelheid waarmee nieuwe stallen worden gebouwd of oude worden gerenoveerd. Dan zijn oude stallen en opslagen afgeschreven en zijn de extra investeringen relatief beperkt.

Het verhogen van uren voor weidegang kan (beperkte) investeringen vereisen voor bedrijven die nog niet beweiden. Voor enkele bedrijven is meer beweiden niet mogelijk vanwege de te kleine kavel. Op grote bedrijven (> 150 melkkoeien) en op bedrijven met automatisch melken kan de mogelijkheid van meer weiden beperkt zijn vanwege de grote loopafstanden van dieren. Echter, voor de meeste bedrijven is meer weidegang goed inpasbaar. Beweiding leidt over het algemeen tot een verlaging van de kostprijs van de melk en in veel gevallen is er sprake van financiële stimulansen van de zuivelondernemingen. Registratie van weidegang wordt momenteel steekproefsgewijs gecontroleerd. Er worden verkenningen gedaan naar andere mogelijkheden om controle van weidegang te verbeteren. De maatregelen mestvergisting en drijfmest koelen scoren eveneens ongunstig op handhaafbaarheid, omdat het lastig is om de werking van het systeem te controleren.

Bodem

Inpasbaarheid op bedrijfsniveau is voor een aantal van de maatregelen wel problematisch. Zo vragen meer blijvend grasland, meer rustgewassen en grasklaver en eiwitgewassen om wijzigingen in het bouwplan en vaak ook om veranderingen in het rantsoen. Deze zijn nu vaak geoptimaliseerd op een maximaal saldo. Ook peilverhoging en waterinfiltratie zijn vaak niet makkelijk inpasbaar, enerzijds omdat ze tot opbrengstderving kunnen leiden, anderzijds omdat ook de hydrologische omstandigheden van percelen sterk kunnen verschillen.

Draagvlak zal met name een probleem zijn voor de maatregelen nitrificatieremmers en peilverhoging. Nitrificatieremmers zullen bij een deel van de boeren en vanuit de publieke opinie gezien kunnen worden als ongewenste chemische stoffen. Ook al is vanuit onderzoek nog geen negatief effect aangetoond, blijven de langetermijneffecten onzeker, en daarmee het draagvlak voor deze maatregel. Peilverhoging in veenweidegebieden zal vooral bij boeren weinig draagvlak hebben, omdat deze beperkingen gaat geven in de bedrijfsvoering, met langere natte periodes wanneer het land niet bereden of beweid kan worden. Dit in tegenstelling tot waterinfiltratie die juist voordelen kan hebben voor de bedrijfsvoering, met meer vocht in de bodem tijdens droge periodes en drainage tijdens de nattere periodes. Ook voor meer rustgewassen in het bouwplan zal vanwege de financiële consequenties minder draagvlak zijn bij boeren.

Juridische uitvoerbaarheid is voor de meeste maatregelen geen probleem, aangezien er via de mestwetgeving al veel verplichtende elementen zijn opgenomen. Voor de toepassing van grasklaver of de teelt van eiwitgewassen is nog geen verplichtend beleid, wel is deze maatregel opgenomen in de ecoregeling, maar toepassing is vrijwillig en niet juridisch afdwingbaar. Handhaafbaarheid is voor de meeste bodemgerelateerde maatregelen geen probleem, via de perceelregistratie, mestboekhouding en satellietwaarnemingen zijn veel maatregelen te controleren. Bij de toepassing van grasklaver en eiwitgewassen kan het verminderde gebruik van kunstmest-stikstof eenvoudig worden gecontroleerd via de aankoop van deze producten. Voor nitrificatieremmers zal een aanpassing van de mestboekhouding nodig zijn, om expliciet het gebruik van kunstmest met nitrificatieremmers te registreren. Alleen waterinfiltratie is

negatief gescoord, de aanleg hiervan is nog wel te controleren, maar de werking van de drainagebuizen niet. Terwijl de effectiviteit van de maatregel wel afhankelijk is van goed beheer van het systeem.

Bos en natuur

De maatregelen voor de bosbouw scoren over het algemeen redelijk positief wat betreft bestuurlijke haalbaarheid. Voor de maatregel bosuitbreiding hangt de bestuurlijke haalbaarheid in grote mate af waar de bosuitbreiding voorzien is en wie de eigenaar is van het stuk land waar het bos aangeplant zal worden. Indien de bosuitbreiding plaatsvindt op land waar de bestemming al natuur is, zal de inpasbaarheid makkelijker zijn, aangezien de bestemming niet aangepast hoeft te worden. Daarnaast is er waarschijnlijk op dat moment al een SNL-subsidie geregeld die dan alleen aangepast hoeft te worden. Wanneer de bestemming van het land nog niet natuur is, zal een bestemmingswijziging plaats moeten vinden en in veel gevallen ook een afwaardering, waardoor de inpasbaarheid kleiner wordt. Het draagvlak voor bosuitbreiding hangt ook af van waar de bosuitbreiding voorzien is. Wanneer de uitbreiding plaatsvindt binnen Natuurnetwerk Nederland is het de vraag wat voor type natuurgebied verloren gaat op die locatie. Dit heeft ook invloed op het draagvlak. Buiten een Natuurnetwerk Nederland (NNN) gebied zal bosuitbreiding tot de verbeelding spreken en daarom vermoedelijk kunnen rekenen op draagvlak. Voor bosuitbreiding is de juridische uitvoerbaarheid ook afhankelijk van de locatie. Binnen een NNN-gebied is de bestemming al natuur en zal het omvormen naar bos gemakkelijker zijn. Buiten NNN zal er een bestemmingswijziging plaats moeten vinden indien het perceel nog geen natuurbestemming heeft. Dit moet ook passen binnen de provinciale plannen voor natuurgebieden. Revitalisering van holle dennenbossen en essenopstanden is relatief makkelijk in te passen, aangezien het al bos is. Echter moet het aanplantmateriaal om te revitaliseren wel nog verkregen worden. Het vergt dus vooral een beheerwijziging. Het voorkomen van ontbossing scoort ook positief op draagvlak, omdat er in de maatschappij afkeer heerst tegen ontbossing. Het draagvlak voor revitalisering van bossen is enigszins positief. Door te revitaliseren, zal de productie op termijn omhooggaan en zal het aanzicht van het bos verbeteren. Echter zijn er wel kosten aan verbonden voor de beheerder om dit te realiseren. De handhaafbaarheid van de bosbouwmaatregelen is positief tot zeer positief. Of bosuitbreiding of revitalisering van bossen goed is uitgevoerd, kan door een getraind oog worden gecontroleerd. Het voorkomen van ontbossing kan eveneens worden gecontroleerd door een getraind oog.

5.1.2 Broeikasgasemissie impact andere sectoren

Een belangrijk aspect bij het nemen van klimaatmaatregelen is het voorkomen van afwenteling naar andere sectoren of landen. Hierbij is gekeken naar de volgende sectoren: agro-complex – toelevering (bijv. veevoeren kunstmestproducenten), agro-complex – verwerking (bijv. zuivelproducenten en aardappelverwerkers), energieverbruik in de landbouwsector, effecten op levering van bouwmaterialen (bijv. hout), biomassa voor energie en effecten op broeikasgasemissie in het buitenland (bijv. door verschuiving van landbouwproductie). Tabel 14 geeft een overzicht van deze effecten voor elk van de maatregelen.

Tabel 14 *Inschatting van de broeikasgasemissie impact van de klimaatmitigatiemaatregelen op andere sectoren. De effecten zijn als volgt gekwantificeerd: rood (-2) sterk negatief effect, oranje (-1) klein negatief effect, geel (0) geen effect, licht groen (1) klein positief effect, donker groen (2) sterk positief effect. Een negatief effect betekent meer emissie in een andere sector en positief effect betekent minder emissie in de andere sector.*

Maatregelen	Agro-complex - toelevering	Agro-complex - verwerking	Energie verbruik landbouw	Bouw materialen	Biomassa voor energie	BKG emissie buitenland
Structuurmaatregelen						
Lbv-regeling	2	2	1	0	0	-1
MGA-regeling	2	2	1	0	0	-1
Afwaardering	1	1	1	0	0	0
Methaan-pensfermentatie						
Fokken op lage methaanemissie	0	0	0	0	0	0
Laag methaanrantsoen	-1/1	0	0	0	0	0
Voeradditieven	-1/0	0	0	0	0	0
Methaan mestopslagen						
Mestvergisting	0	0	2	0	2	0
Drijfmest koelen	0	0	-1	0	0	0
Methaanoxidatie	0	0	0	0	0	0
Verhoging weidegang	0	0	0	0	0	0
Bodem N₂O-emissies						
Grasklaver en N-bindende gewassen	2	0	0	0	0	0
Verlaging N-bemesting	1	0	0	0	0	0
Nitrificatieremmers	1	0	0	0	0	0
Minerale landbouwbodems						
Meer blijvend grasland	-1/0	0	0	0	0	0
Groenbemesters/vanggewassen	0	0	-1	0	0	0
Meer rustgewassen in bouwplan	0	1	1	0	0	-1/1
Organische bodems						
Peilverhoging	0	0	0	0	0	0
Waterinfiltratie	0	0	-1/0	0	0	0
Bos en natuur						
Bosuitbreiding	0	0	-1/0	1	1	0
Revitalisering bossen	0	0	-1/0	1	1	0
Voorkomen ontbossing	0	0	1	-1	-1	0
Landschapselementen	0	0	0	0	1	0

De tabel laat zien dat de meeste maatregelen weinig impact hebben op broeikasgasemissies in andere sectoren of in het buitenland. De structuurmaatregelen zouden door de afname van de veestapel kunnen bijdragen aan verlaging van de emissies in het gehele agrocomplex, zowel bij de toeleveranciers (minder voer nodig) als bij de afnemers (minder dierlijke producten te verwerken). Daarentegen is er wel een risico op meer emissies in het buitenland, als een deel van de productie verschuift naar andere landen. Het effect hiervan is echter onzeker en hangt af van de mate waarin een afname in productie ook gevolgd wordt door verlaging van de consumptie van dierlijke producten. Als de consumptie wel afneemt en geen vervanging plaatsvindt, zouden de effecten in het buitenland zelfs positief kunnen zijn, want dan is er ook minder import van veevoer nodig en de daarmee gerelateerde emissies. Als de consumptie niet afneemt, hangt het effect vooral af van waar de productie wordt overgenomen. Als dit in een Europees land is met een hogere broeikasgasemissie per kg product, dan neemt de totale emissie op Europees niveau toe. In een land met een vergelijkbare broeikasgasemissie per kg melk blijft de totale broeikasgasemissie ook gelijk.

De methaanmaatregelen hebben in het algemeen weinig effect op emissies uit andere sectoren. Alleen mestvergisting heeft een positief effect door de productie van biogas, waardoor fossiele emissies zowel

binnen als buiten de landbouw verminderd kunnen worden. Alle bodem N₂O-emissie maatregelen leiden tot minder N-kunstmestgebruik en dragen daarmee bij aan emissiereductie in de kunstmestindustrie. De bodemkoolstofmaatregelen hebben met name nog een effect op energieverbruik, voor groenbemesters zijn extra werkzaamheden nodig, terwijl meer rustgewassen juist leiden tot minder grondbewerking en dieselvebruik. Bosuitbreiding, revitalisering van bossen en landschapselementen leiden op termijn tot meer houtige biomassa en verhogen daarmee de beschikbaarheid voor gebruik als bouw materiaal of bio-energie. Voorkomen van ontbossing leidt op de korte termijn juist tot minder beschikbaarheid van hout voor andere sectoren.

5.1.3 Indirecte milieueffecten

Veel van de klimaatregelen kunnen ook effecten hebben op andere milieuaspecten. Een volledige integrale doorrekening viel buiten de scope van deze studie, maar er is wel een kwalitatieve inschatting gemaakt van het effect op de volgende milieuaspecten: ammoniakemissie, N- en P-uit- en -afspoeling, biodiversiteit, dierenwelzijn en het sluiten van kringlopen. Deze laatste is uitgedrukt in termen van de nationale N- en P-balans, dus minder import van veevoer of lager gebruik van kunstmest verbetert de nationale N- en P-balans. De resultaten van deze beoordeling staan weergegeven in Tabel 15.

Tabel 15 *Inschatting van de indirecte milieueffecten van de klimaatmitigatiemaatregelen. De effecten zijn als volgt gekwantificeerd: rood (-2) sterk negatief effect, oranje (-1) klein negatief effect, geel (0) geen effect, licht groen (1) klein positief effect, donker groen (2) sterk positief effect.*

Maatregelen	NH ₃ - emissie	N- en P-uitspoeling	Biodiversiteit	Dierenwelzijn	N- en P-balans
Structuurmaatregelen					
Lbv-regeling	2	0	1	0	2
MGA-regeling	2	0	1	0	2
Afwaardering	1	2	2	0	1
Methaan-pensfermentatie					
Fokken op lage methaanemissie	0	0	0	0	0
Laag methaanrantsoen	-1/1	0	0	0	0
Voeradditieven	0	0	0	0	0
Methaan mestopslagen					
Mestvergisting	1	0	0	0	0
Drijfmest koelen	0	0	0	0	0
Methaanoxidatie	0	0	0	0	0
Verhoging weidegang	1	-1/0	1	1	0
Bodem N₂O-emissies					
Grasklaver en N-bindende gewassen	2	0	1	0	2
Verlaging N-bemesting	1	2	0	0	1
Nitrificatieremmers	0	2	-1/0	0	1
Minerale landbouwbodems					
Meer blijvend grasland	-1/0	2	1	0	-1/0
Groenbemesters/vanggewassen	0	1	1	0	0/1
Meer rustgewassen in bouwplan	0	1	1	0	1
Organische bodems					
Peilverhoging	0	-1	1	-1	0
Waterinfiltratie	0	1	0	0	0
Bos en natuur					
Bosuitbreiding	0	0	1	0	0
Revitalisering bossen	0	0	1	0	0
Voorkomen ontbossing	0	0	1	0	0
Landschapselementen	0	1	2	1	0

De tabel laat zien dat de meeste maatregelen vooral positieve effecten hebben op andere milieu- en duurzaamheidsindicatoren. Voor ammoniak hebben alleen een laag methaanrantsoen en meer blijvend

grasland een mogelijk negatief effect, maar dan hangt het ervan af hoe de maatregel precies wordt ingevuld (meer vers gras leidt bijv. tot minder methaan, maar wel meer stikstof in de mest) en hoe de bemesting wordt uitgevoerd. Op grasland mag meer stikstof worden toegediend dan op snijmais, maar als het landschapsgrond wordt, is het weer minder. Ook voor N- en P-uitspoeling zijn de meeste maatregelen positief, alleen meer weidegang (nitraatuitspoeling door urineplekken) en peilverhoging (wat tot meer fosfaatuitspoeling in veengebieden kan leiden (Van Doorn et al., 2021)) kunnen negatieve effecten hebben.

Ook voor biodiversiteit worden er vooral positieve effecten verwacht van de klimaatmaatregelen, alleen voor nitrificatieremmers is het nog onbekend welke (langetermijn)effecten het heeft op het bodemleven. Verhoging van weidegang is positief voor dierenwelzijn, net als landschapselementen (meer beschutting en schaduw). Voor melkvee zijn er duidelijke aanwijzingen dat weidegang uit oogpunt van diergedrag en diergezondheid voordelen heeft, maar op het niveau van het individuele dier of het bedrijf hangt dit sterk samen met de nutritionele behoeften van het dier en met de specifieke omstandigheden in de stal en in de weide. Peilverhoging kan juist tot minder weidegang leiden door te natte omstandigheden bij een hoger peil. Tot slot hebben bijna alle maatregelen een neutraal of positief effect op het sluiten van kringlopen. Enerzijds door afname van de veestapel (de structuurmaatregelen) waardoor er minder import van veevoer nodig is, anderzijds door de maatregelen die leiden tot minder kunstmestgebruik.

5.2 Doorkijk naar 2040 en 2050

5.2.1 Verdergaande emissiereductie per onderdeel

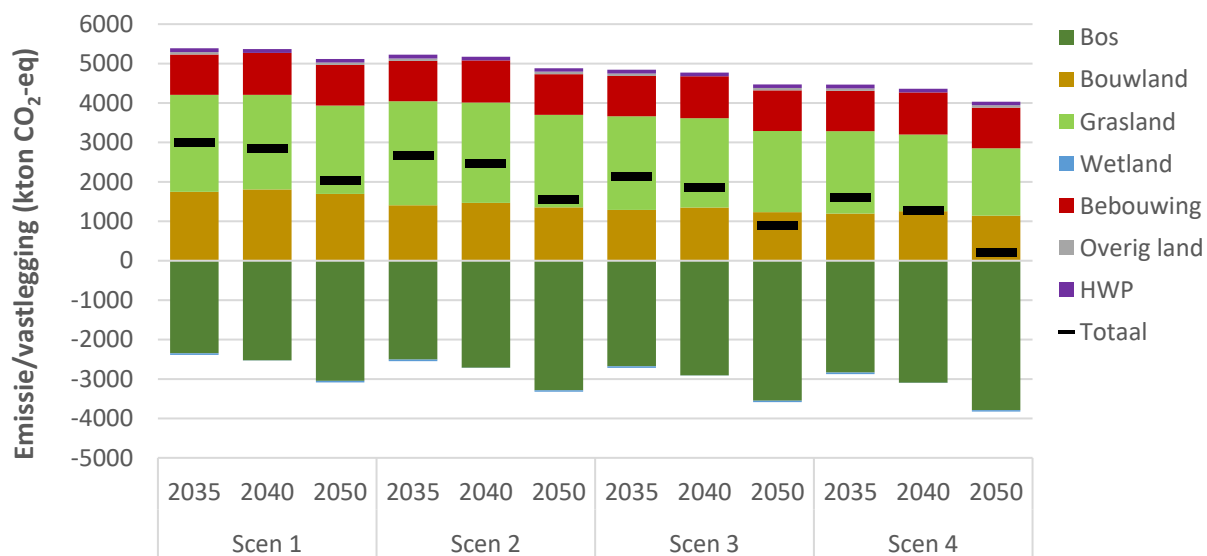
Voor een aantal van de maatregelen is het mitigatiepotentieel niet direct bereikt in 2035. Dit geldt met name voor de veehouderijmaatregelen fokkerij en stalaanpassingen en voor de bos- en natuurmaatregelen. In deze paragraaf geven we ook inzicht in de mitigatiepotentie op langere termijn voor de jaren 2040, relevant voor het Landbouwakkoord, en 2050 als doeljaar voor de Nederlandse en Europese klimaatwet. De invulling van de beleidsscenario's blijft hetzelfde voor deze jaren, dus dieraantallen en hectares veranderen niet t.o.v. 2035, maar het effect van de maatregelen met een langetermijn-impact wordt wel bepaald.

Het fokken van laag methaan producerende koeien kan de methaanemissie op termijn verlagen met 5-15%. Deze maatregel vergt wel een langere aanlooptijd, aangezien er momenteel nog geen stieren zijn geselecteerd die minder methaan per kg voer vererven. Aangezien het lange tijd duurt voordat een fokprogramma is opgezet en de gehele melkveestapel uit koeien met het aangepaste genotype bestaat, wordt het volledige potentieel pas bereikt in 2050. Het effect van deze maatregel wordt alleen meegenomen in Scenario 4, daar leidt het tot een extra emissiereductie van 0,18 Mton CO₂-eq in 2050 t.o.v. 2035.

Ook voor stalaanpassingen is een langere tijd nodig, omdat niet alle stallen direct kunnen worden aangepast naar systemen met een externe afgedekte opslag van mest. Verondersteld is dat stalaanpassing plaatsvindt in het tempo van nieuwbouw/renovatie, waarvoor een implementatieperiode van 25 jaar is aangenomen (Vellinga en Groenestein, 2023). De toepassing van de maatregelen koeling, oxidatie en mestvergistings wordt gekoppeld aan de aanpassing van de stal en opslag. Bij volledige toepassing van de maatregelen kan de methaanemissie uit mestopslagen afnemen met 43-87% (Vellinga en Groenestein, 2023). Voor de kwantificering voor 2040 en 2050 is gebruikgemaakt van de reductiepercentages uit Vellinga en Groenestein (2023), waarbij het gemiddelde van de onder- en bovengrens is genomen. In de scenario's leidt dat in 2050 tot een extra emissiereductie van 0,33 Mton CO₂-eq in Scenario 2, 0,54 Mton CO₂-eq in Scenario 3 en 0,79 Mton CO₂-eq in Scenario 4.

Naast deze veehouderijmaatregelen hebben ook de bos- en natuurmaatregelen een sterker mitigatie effect over langere termijn. De eerste jaren na aanplant van jonge bomen is de groei en koolstofvastlegging nog beperkt. Pas na zo'n tien jaar begint een boom pas grotere hoeveelheden koolstof vast te leggen. Voor de maatregelen bosuitbreiding, revitalisering bossen en landschapselementen is het mitigatiepotentieel in 2050 daardoor ook groter dan in 2035. Dit is goed te zien in Figuur 24, waarin de emissies en vastlegging voor de landgebruik sector zijn weergegeven voor de verschillende jaren. De extra vastlegging in houtige landschapselementen wordt meegeteld in de landgebruikcategorie grasland, aangezien deze niet onder de bosdefinitie valt. Het effect van de maatregelen leidt in 2050 tot 1,0-1,4 Mton CO₂ extra vastlegging t.o.v.

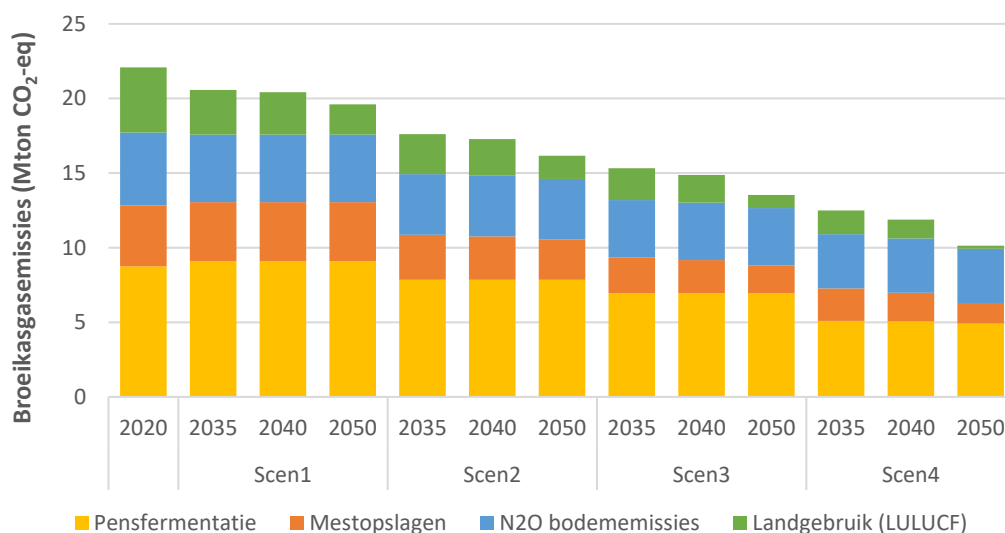
2035. Het gaat hierbij dus om hetzelfde areaal, dus geen extra implementatie van maatregelen na 2035. In Scenario 4 wordt de sector landgebruik bijna klimaatneutraal in 2050 met een resterende emissie van 0,2 Mton (Figuur 24).



Figuur 24 Broeikasgasemissie (+) en koolstofvastlegging (-) in landgebruik voor de vier scenario's voor 2035, 2040 en 2050.

5.2.2 Totale broeikasgasemissie uit landbouw en landgebruik

Figuur 25 geeft het overzicht van de totale broeikasgasemissies uit de landbouw en landgebruik voor 2035, 2040 en 2050. In het meest optimistische scenario (Scenario 4) is de emissie uit landgebruik tot vrijwel 0 gereduceerd (zie hierboven) en zijn de resterende emissies uit de landbouw afgenomen tot 10 Mton CO₂-eq per jaar, op basis van de maatregelen die genomen zijn tot 2035.



Figuur 25 Netto broeikasgasemissie in de landbouw en landgebruik-sectoren (AFOLU) voor de vier scenario's voor 2035, 2040 en 2050.

In dit meest optimistische scenario zijn alle huidig bekende maatregelen met een bewezen mitigatiepotentieel meegenomen. Als het doel is om tot een klimaatneutrale AFOLU-sector in Nederland te

komen, zullen dus meer maatregelen nodig zijn. Die maatregelen kunnen dan nog gezocht worden in drie richtingen: 1) een kleinere (rund)veestapel, 2) vergroting van de vastlegging door meer aanplant van bos en 3) nieuwe technische maatregelen die emissie verdergaand kunnen reduceren. Extra bosuitbreiding vraagt echter wel om actie op de korte termijn, aangezien de CO₂-vastlegging in bomen pas na 10-20 jaar een wezenlijke bijdrage levert. Deze maatregelen zullen in alle gevallen behoorlijk ingrijpend zijn: ofwel in de veestapel, ofwel in het landgebruik waarbij ook economisch, sociale en landschappelijke afwegingen een rol zouden moeten spelen.

5.3 Impact opkoopregelingen

Deze studie heeft zoals elke scenariostudie een aantal beperkingen waar rekening mee moet worden gehouden bij de interpretatie van de resultaten. In tegenstelling tot de verkenningen die in de KEV worden gemaakt, hebben we in deze studie ook het geagendeerde beleid meegenomen. Dit geagendeerde beleid is echter vaak alleen op hoofdlijnen uitgewerkt, waardoor er veel aannames nodig zijn om dit beleid om te zetten in kwantitatieve scenario's. Een belangrijk deel van de emissiereductie wordt behaald door krimp van de veestapel. Deze is in de scenario's bepaald op basis van het beschikbare budget voor opkoop uit de Landelijke beëindigingsregeling veehouderij (Lbv-regeling) en gerichte aankoop veehouderijen (MGA-regeling). Hiervoor is een pessimistische (vanuit beleidsoogpunt) variant (Scenario 2) en optimistische variant (Scenario 3) uitgewerkt. Het PBL geeft op basis van onderzoek naar beëindigingsregelingen uit het verleden (Boezeman en Vink, 2022) en expertinschattingen aan dat het niet realistisch is om te veronderstellen dat het volledige genoemde budget in de looptijd tot 2030 kan worden uitgegeven. Deze lijn volgende, lijkt Scenario 2 voor 2030 realistischer qua dieraantallen dan Scenario 3 en 4.

Een tweede beperking bij de inschatting van de impact van de opkoopregelingen is dat het lastig is om te voorspellen hoe opkoopregelingen zullen worden verdeeld over verschillende dierlijke sectoren. Dit is in deze studie nu gebaseerd op de volgende uitgangspunten: 1) twee derde MGA (gebiedsgericht opkoop) en een derde Lbv (landelijke opkoop); 2) verdeling budget op basis van huidige omvang (in fosfaatexcretie) en 3) huidige prijsverhoudingen (waarde productierechten en stallen). Hieruit volgt een grotere krimp in de varkens- en pluimveesector dan in de rundveehouderij. Deze benadering kent haar beperkingen. Er is bijvoorbeeld geen rekening gehouden met ligging ten opzichte van N2000-gebieden van bedrijven en welke bedrijven mogelijk worden aangemerkt als piekbelasters. In feite is verondersteld dat elke sector in gelijke mate in aanmerking komt voor zowel de Lbv (alleen sectoren met rechten) als de MGA (alle sectoren). Er is ook geen rekening gehouden met het toekomstige economisch perspectief van de verschillende sectoren. In werkelijkheid kan de verdeling van de krimp over sectoren anders uitpakken.

6 Synthese

Deze studie geeft een overzicht op hoofdlijnen van de mogelijke technische maatregelen om klimaatimpact van de Nederlandse landbouw en landgebruik te verminderen richting 2035. Per maatregelcategorie is ook een beschrijving gegeven van het werkingsmechanisme, mogelijke neveneffecten en bestuurlijke haalbaarheid. De studie geeft een kwantificering van de (mogelijke) impact van beleidsvoornemens op broeikasgasemissies uit de Nederlandse landbouw in verschillende scenario's.

De studie heeft een aantal beperkingen waar rekening mee moet worden gehouden bij de interpretatie van de resultaten. In tegenstelling tot de verkenningen die in de KEV worden gemaakt, hebben we in deze studie ook het geagendeerde beleid meegenomen. Dit geagendeerde beleid is echter vaak alleen op hoofdlijnen uitgewerkt, waardoor er veel aannames nodig zijn om dit beleid om te zetten in kwantitatieve scenario's, zoals inschattingen omtrent de omvang van de veestapel en de mate van toepassing van de verschillende klimaatmaatregelen. Daarom is gebruikgemaakt van scenario's om een bandbreedte te creëren, waarbij de scenario's verschillen in mate van implementatie en effectiviteit van maatregelen. Daarnaast zijn maatregelen op een geaggregeerd niveau geanalyseerd, waardoor de effecten en kosten van de maatregelen niet in detail worden bepaald en onzekerder zijn. De studie maakt ruimtelijke effecten niet inzichtelijk, maar gaat ervan uit dat de maatregelen genomen worden in de regio's waar deze het effectiefst zijn.

De studie laat zien dat emissies vanuit landbouw en landgebruik in 2035 naar verwachting met 14% (Scenario 2) tot 39% (Scenario 4) kunnen dalen t.o.v. van het referentiescenario. In het ontwerp beleidsprogramma klimaat zijn op basis van het Coalitieakkoord indicatieve restemissies per sector vastgesteld. Voor landbouw is deze 18,9 Mton CO₂-eq in 2030 inclusief glastuinbouw. Voor akkerbouw en veehouderij is de reductieopgave in het kader van het NPLG 5,0 Mton CO₂-eq. De bijbehorende restemissie voor landbouw (excl. energieverbruik) is dan 13,6 Mton (zie ook Gies et al., 2023). In Scenario 2 (14,9 Mton CO₂-eq) wordt dit doel niet behaald, maar in Scenario 3 (13,2 Mton CO₂-eq) en Scenario 4 (10,9 Mton CO₂-eq) wel. Dit zijn echter wel resultaten voor 2035; in hoeverre deze emissiereducties al behaald kunnen worden in 2030 is de vraag. Private initiatieven voor emissiereductie, zoals beloning voor verlaging van de carbon footprint, lijken naast het overheidsbeleid dan ook noodzakelijk om de klimaatdoelen voor 2030 te halen. Een alternatief is dat de overheid zelf met meer verplichtende generieke maatregelen komt om de broeikasgasemissies te verminderen.

Het restemissie doel voor landgebruik is 1,8-2,7 Mton CO₂ in 2030. Het meest ambitieuze restemissiedoel wordt alleen in Scenario 4 behaald (1,6 Mton CO₂), maar Scenario 2 (2,7 Mton CO₂) en Scenario 3 (2,1 Mton CO₂) vallen wel onder de bovengrens. Voor landgebruik is er vanuit de EU ook een nationaal doel vastgesteld als bijdrage aan de EU-doelstelling van 310 Mton CO₂ netto koolstofverwijderingen per jaar. Nederland mag daarvoor in 2030 nog een maximale emissie van 4,5 Mton CO₂ hebben vanuit landgebruik. Deze doelstelling wordt in alle scenario's ruim gehaald.

In alle doorgerekende scenario's is nog steeds sprake van een flinke restemissie in 2035 vanuit landbouw en landgebruik van 17,6 Mton CO₂-eq in Scenario 2 tot 12,5 Mton CO₂-eq in Scenario 4. Met de ingezette maatregelen kan deze emissie nog wel verder afnemen richting 2050 (tot 10 Mton CO₂-eq in Scenario 4), maar een klimaatneutrale AFOLU-sector komt nog niet in zicht. Hiervoor zullen meer maatregelen nodig zijn, zoals een verdere krimp van de (rond)veestapel, vergroting van de vastlegging door meer aanplant van bos en mogelijk nieuwe technische maatregelen die emissies verdergaand kunnen verminderen. Deze maatregelen zullen in alle gevallen behoorlijk ingrijpend zijn: ofwel in de veestapel, ofwel in het landgebruik waarbij ook economische, sociale en landschappelijke afwegingen een rol zouden moeten spelen.

Het doorgerekende pakket aan maatregelen zorgt voor een aanzienlijke daling van het productievolume vanuit de Nederlandse landbouw, met name in de veehouderij. Dit heeft aanzienlijke consequenties voor de netto toegevoegde waarde. Het verlies aan netto toegevoegde waarde is groter bij de aanleverende en verwerkende industrie dan bij de primaire landbouwsector. Naast het verlies aan netto toegevoegde waarde

is een aantal maatregelen ook kostenverhogend en/of opbrengst verlagend voor de landbouw. In deze studie is een eerste kwantificering van dit kostenverhogende effect weergegeven. Dit soort maatregelen zal alleen worden doorgevoerd als ze worden afgedwongen of de kosten ervan in voldoende mate worden gecompenseerd. Als deze maatregelen worden afgedwongen zonder compensatie is het waarschijnlijk dat ze gaan leiden tot een versnelde sanering en schaalvergroting in de landbouw. De doorgerekende scenario's leveren ook baten op, met name vermeden milieuschade, deze lopen op van 1,6 miljard in Scenario 2 tot 2,8 miljard in Scenario 4. Ongeveer 60% hiervan is gerelateerd aan vermeden ammoniakemissie. Met de gehanteerde schaduw prijzen wegen de netto kosten van de maatregelen (5,4 tot 8,5 miljard euro per jaar) echter niet op tegen de netto baten van vermeden milieuschade.

Er is een kwalitatieve beoordeling gegeven van het pakket aan maatregelen van de verwachte neveneffecten en mogelijke afwenteling van broeikasgasemissies naar andere sectoren. Dit levert maar een beperkt aantal risico's en veel maatregelen hebben ook positieve effecten op andere milieuaspecten, met name de bodemmaatregelen. Inpasbaarheid en draagvlak in de sector is voor een deel van de maatregelen nog wel problematisch. Voor veel van de maatregelen geldt dat er nog geen duidelijke sturing is georganiseerd die ervoor gaat zorgen dat ze ook daadwerkelijk worden doorgevoerd. Sturing kan zowel komen vanuit de overheid als vanuit het bedrijfsleven.

Literatuur

- Arets, E., M.J. Schelhaas, S. van Baren & J.P. Lesschen. 2022. Raming van emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ door de LULUCF-sector 2021-2040: achtergrond bij de Klimaat en Energieverkenning 2022. Rapport 3203. Wageningen Environmental Research, Wageningen, Nederland. <https://edepot.wur.nl/579206>.
- Arets, E.J.M.M., S.A. van Baren, H. Kramer, J.P. Lesschen & M.J. Schelhaas. 2022b. Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2022. WOT Technical report 217. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu), Wageningen UR, Wageningen, The Netherlands. <https://edepot.wur.nl/566478>
- Baayen, R.P., Berkhout, P., Candel, J.J.L., Van Doorn, A.M., Eweg, A.Y., Jager, J.H., Jellema, A. & Jongeneel, R.A. 2021. Naar een doeltreffend en doelmatig Nationaal Strategisch Plan; Effectenanalyse van beleidsvarianten voor de Nederlandse invulling van het nieuwe GLB. Wageningen: Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/552685>
- Beldman, A., Polman, N., Kager, H., Doornwaard, G., Greijden, A., Prins, H., Dijkshoorn, M. & Koppenjan, J. 2019. Meerkosten biodiversiteitsmaatregelen voor melkvee- en akkerbouwbedrijven. Wageningen: Wageningen Economic Research. <https://edepot.wur.nl/501680>
- Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R. and Weimer, D.L. 2018. Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice. Cambridge University Press, 5th Edition.
- Boezeman, D. & M. Vink. 2022. Beëindigen van veehouderijen – lessen uit 25 jaar beëindigingsregelingen, Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving.
- Boosten, M., B. Lerink, V. Lokin en M.J. Schelhaas. 2022. Factsheets Klimaatmaatregelen met bomen, Bos en Natuur. Praktische handreiking voor effectief klimaatslim bos- en natuurbeheer en toepassing van hout. Herziening 2022. Wageningen University & Research, Stichting Probos & Arboribus Silva.
- CBS. 2021. Dierlijke mest; productie en mineralenuitscheiding, diercategorie, regio. Geraadpleegd op 16 september 2022 via <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83982NED/table?dl=6E360>.
- CE Delft. 2023. Handboek Milieuprijzen 2023. Methodische onderbouwing van kengetallen gebruikt voor waardering van emissies en milieu-impacts. https://ce.nl/wp-content/uploads/2023/03/CE_Delft_220175_Handboek_Milieuprijzen_2023_DEF.pdf
- Coleman, K. en D.S. Jenkinson, 2014. RothC - a Model for the Turnover of Carbon in Soil. Model Description and Users Guide.
- COM(2021) 572 Final, New EU Forest Strategy for 2030. Available online: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0d918e07-e610-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
- De Haas, Y., Veerkamp, R.F., Jong, G. de & Aldridge M.N. 2021. Selective breeding as a mitigation tool for methane emissions from dairy cattle. *Animal* 15. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100294>
- De Wit, J., M. van Dongen, N. van Eekeren, E. Heeres. 2004. Handboek Grasklaver. Teelt en voeding van grasklaver onder biologische omstandigheden. Louis Bolk Instituut.
- Dijkstra, J., Bannink, A., France, J., Kebreab, E. and van Gastelen, S. 2019. Short communication: Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type. *Journal of Dairy Science*. 101:9041–9047. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14456>
- Erkens, G., H. Kooi en R. Melman. 2021. Actualisatie bodemdalingsvoorspellingskaarten. Deltares, Utrecht, Nederland.
- Erkens, G., R. Melman, S. Jansen, J. Boonman, M. Hefting, J. Keuskamp, H. Bootsma, L. Nougues, M. van den Berg en Y. van der Velde. 2022. Subsurface Organic Matter Emission Registration System

(SOMERS). Beschrijving SOMERS 1.0, onderliggende modellen en veenweidenrekenregels. Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden.

Europese Commissie. 2021. EU Agricultural outlook.

https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/6ffe6666-676f-4d54-adb7-a36f4d15449a_en?filename=agricultural-outlook-2021-report_en.pdf

Evers, A.G., Haan, M.H.A. 2004. Kostprijsverschil tussen biologisch geproduceerde melk en gangbaar geproduceerde melk (2004) PraktijkRapport.

Folkersma, Richard en Carin Rougoor. 2021. Kansen, Kosten En Draagvlak Van Klimaatmaatregelen in De Open Teelten. Culemborg: CLM Onderzoek en Advies. <https://edepot.wur.nl/554472>.

Gies, E., T. Cals, P. Groenendijk, H. Kros, T. Hermans, J.P. Lesschen, L. Renaud, G. Velthof, J.-C. Voogd, 2022. Scenariostudie naar de provinciale doelen en doelrealisatie voor de landbouw in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied. Rapport 3236. Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Gilsanz, C., Báez, D., Misselbrook, T. H., Dhanoa, M. S. & Cárdenas, L.M. 2016. Development of emission factors and efficiency of two nitrification inhibitors, DCD and DMPP. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 216, 1-8.

Gollenbeek, L.R., J.P.B.F. van Gastel, F.A.M. Casu, N. Verdoes. 2021. Emissies en kosten van verschillende scenario's voor verwaarding van varkensmest; NL Next Level Mestverwaarden. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1331.

Groenestein, K., Ogink, N., Ellen, H., Šebek, L., Bruggen, van C., Huijsmans, J. en I. Vermeij, 2019. PAS Update aanvullende reservemaatregelen Landbouw. Wageningen: Wageningen Livestock Research, Rapport 1214. <https://doi.org/10.18174/507036>

Hammingh, P., M. Abels-van Overveld, B. van Beijnum, D. Blomjous, H. Boom, G.J. van den Born, C. Brink, B. Daniëls, D. van Dam, G. Geilenkirchen, H. Hilbers, M. 't Hoen, M. van Hout, O. Ivanova, R. Koelmeijer, P. Koutstaal, S. Lensink, J. van Meerkerk, J. van Minnen, F. van der Molen, M. Nauta, D. Nijdam, E. Ooms, O.z. Özdemir, J. Peters, A. Plomp, M. van Schijndel, M. Schouten, W. Smeets, H. van Soest, I. Stammes, M. Menkveld, E. van Eijk, J. Gerdes, R. Kooger, S. Lamboo, R. Niessink, K. Smeekens, J. van Stralen, C. Tigchelaar, O. Usmani, R. Segers, A. Denneman, J. Hage, H. Huffstadt, K. Keller, A.M. Kremer, M.J. Linders, S. Schenau, R. Vrenken, J.n. Vroom, B. van Wezel, R. Woolthuis, M van Zanten, E. Honig, M. Seip, J. Vonk en E. Arets. (2022). *Klimaat- en Energieverkenning 2022*. PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag. <https://edepot.wur.nl/579905>.

Hoste, R., Van Horne, P., Beldman A., Bergevoet, R. en Daatselaar, C. 2021. Aantrekkelijkheid van deelname door Veehouders aan een beoogde Lbv: Verkennende analyse voor het ontwerp van de landelijke beëindigingsregeling veehouderijlocaties (Lbv). Wageningen: Wageningen Economic Research. <https://doi.org/10.18174/547665>

Hoving, I. E. et al. 2020. Effecten Vernattingsmaatregelen Op Veenweidebedrijven in Noord-Holland: Technische En Economische Consequenties En Effecten Op Bodemdaling En Broeikasgasemissie. Wageningen: Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/535508>

Hutschemaekers, B.J.H., M.H.A. de Haan en J.B. Pinxterhuis. 2004. Economische gevolgen van de omschakeling naar een biologische bedrijfsvoering voor Aver Heino. PraktijkRapport Rundvee 45.

Jongeneel, R., N.B.P. Polman, G.C. van Kooten. 2016. How Important are Agricultural Externalities? A Framework for Analysis and Application to Dutch Agriculture. Resource Economics & Policy Analysis Research Group, Department of Economics University of Victoria, BC, Canada.

Jongeneel, R. 2021. Aanpak voor een maatschappelijke kosten baten analyse van opties voor het verlagen van stikstof en fosfaat verliezen. Wageningen/Den Haag, Presentation delivered at the KB-Workshop Closing C, N and P circles.

Kasper, G.J en Peters, B. 2012. Monovergisting Varkensmest Op Boerderijschaal. Wageningen: Wageningen Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/231001>.

-
- Korevaar, M., A. Winkel. 2022. Quick scan sensortechnologie voor monitoring luchtkwaliteit en emissies in de veehouderij. Wageningen Livestock Research, Rapport 1386.
- Kuikman, P., R. Schils, C. van Been en G. Velthof. 2010. Nitrificatieremmers in de Nederlandse landbouw, potentiële vermindering van lachgasemissie. Alterra-rapport 2016, Alterra, Wageningen.
<https://edepot.wur.nl/136455>
- Lesschen, J.P., C. Hendriks, T. Slier, R. Porre, G. Velthof en R. Rietra. 2021. De potentie voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw. Rapport 3130. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Lesschen, J.P., J. Reijs, T. Vellinga, J. Verhagen, H. Kros, M. de Vries, R. Jongeneel, T. Slier, A. Gonzalez Martinez, I. Vermeij en C. Daatselaar. 2020. Scenariostudie perspectief voor ontwikkel-richtingen Nederlandse landbouw in 2050. Rapport 2984. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Maasdam, R., Groenestein, K., Daatselaar, C., Bondt, N., Jansen, L. Kroes, K. Oonk, H. 2022. Pilot testing three methane oxidation techniques on practical farm sites: flare, biofilter and soil filter.
- MacLeod, M.J., Vellinga, T., Opio, C., Falcucci, A., Tempio, G., Henderson, B., Makkar, H., Mottet, A., Robinson, T., Steinfeld, H. 2018. Invited review: a position on the global livestock environmental assessment model (GLEAM). *Animal* 12, 383-397.
- Melman, R. 2021. Memo: Afname areaal veenweidegebied KEV. Deltares, Delft, Nederland.
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (2022). Programma Novex.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/07/01/programma-novex>
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2019). Klimaatakkoord.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/06/28/klimaatakkoord>
- Ruysenaars, P.G., L. van der Net, P.W.H.G. Coenen, J.D. Rienstra, P.J. Zijlema, E.J.M.M. Arets, K. Baas, R. Dröge, G. Geilenkirchen, M. 't Hoen, E. Honig, B. van Huet, E.P. van Huis, W.W.R. Koch, R.M. te Molder, J.A. Montfoort and T. van der Zee. (2022). Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2020. National Inventory Report 2022. RIVM report 2022-0005. RIVM, Bilthoven, Nederland.
- Oonk, H. & Koopmans, J. 2012. Oxidation of methane from manure storages in soils. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 9, 225-233.
- Overheid.nl. 2022a. Concept Landelijke beëindigingsregeling veehouderijlocaties (LBV). Geraadpleegd op 15 september 2022 via <https://www.internetconsultatie.nl/lbv/document/9020>
- Overheid.nl. 2022b. Concept Maatregel Gerichte Aankoop en beëindiging veehouderijen nabij natuurgebieden tranche 2. Geraadpleegd op 15 september 2022 via <https://www.internetconsultatie.nl/mga2/document/9022>
- PBL. 2021. Nederland Fit for 55? Mogelijke gevolgen van het voorgestelde EU-klimaatbeleid. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Prins, E., P. Janssen, N. van Eekeren. 2021. Boer Bier Bodem en Water. Maatregelen voor landgebruik in de melkveehouderij op zandgrond. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Roosemalen, W., Savelkoul, H. 2022. Nationale Grondbank & afwaarderen. Lunteren: Roosemalen & Savelkoul.
- Rijksoverheid. 2021. Budgettaire bijlage coalitieakkoord. Geraadpleegd op 10 juli 2022 via <https://open.overheid.nl/repository/ronl-838b6d3a-15e0-48c7-9808-31d5ba9a1e32/1/pdf/budgettaire-bijlage-coalitieakkoord-15-december-2021.pdf>
- Rvo. 2021. Mestbeleid 2019-2021. Tabel 10 – Varkens en pluimvee omrekenen naar eenheden. Geraadpleegd op 6 september 2022 via <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/12/Tabel-10-Varkens-en-pluimvee-omrekenen-naar-eeenheden-2019-2021.pdf>
- Sommer, S.G., G.Q. Zhang, A. Bannink, D. Chadwick, T. Misselbrook, R. Harrison, N. J. Hutchings, H. Menzi, G. J. Monteny, J.Q. Ni, O. Oenema and J. Webb. 2006. Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy* Volume 89: 261-335.

-
- Tiktak, A., Boezeman, D., Van den Born, G.J. en Van Hinsberg, A. 2021. Quickscan van twee beleidspakketten voor het vervolg van de structurele aanpak stikstof. Planbureau voor de Leefomgeving. Geraadpleegd op 9 februari, 2022 via <https://www.pbl.nl/publicaties/quickscan-van-twee-beleidspakketten-voor-het-vervolg-van-de-structurele-aanpak-stikstof>
- Van Asseldonk, M. A. P. M., van Horne, P. L. M., Doornewaard, G. J., & Hoste, R. 2021. Forfaitaire vervangingswaarde van veehouderijstallen in 2021. Wageningen Economic Research. <https://edepot.wur.nl/541131>
- Van der Zee, T., A. Bannink, C. van Bruggen, K. Groenestein, J. Huijsmans, J. van der Kolk, L. Lagerwerf, H. Luesink, G. Velthof en J. Vonk. 2021. Methode om landbouwemissies naar lucht te berekenen. Berekeningen voor methaan, ammoniak, lachgas, stikstofoxiden, niet-methaan vluchtige organische stoffen, fijnstof en koolstofdioxide met NEMA-update 2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM.
- Van Doorn, M., van Rotterdam, D. & Cusell, C. 2021. Klimaatmaatregelen en waterkwaliteit; Potentie en effecten in de agrarische polders ten oosten van de Weerribben en ten noorden van de Wieden. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1803.N.20.
- Veeteelt, 2009. Met de QuickScanBio snel rekenen of omschakelen interessant is.
- Vellinga, T. In press. Aanvullende maatregelen voor vermindering van methaanemissie voor het bereiken van klimaatdoelen 2030. Wageningen Livestock Research.
- Vellinga, T. & K. Groenestein. Methaanemissies in de melkveehouderij in verleden en toekomst. Wageningen Livestock Research rapport 1384.
- Vellinga, T. & M. de Haan. 2022. Onderzoek naar de mogelijkheden van een Afrekenbare Stoffen Balans voor de melkveehouderij. Een analyse van datakwaliteit en handhaving. Rapport 1349. Wageningen Livestock Research, Wageningen, The Netherlands: <https://doi.org/10.18174/558537>
- Velthof, G., H. Kros, J.-C. Voogd, C. Daatselaar, T. Hermans, K. Groenestein, N. Ogink, J.P. Lesschen, E. Gies, R. Jongeneel, D. Verstand, R. Jongschaap en J. Huijsmans. 2021. Gebiedsgerichte verkenning van de 'verdere aanpak stikstof'. Rapport 3111, Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Vonk, J., C. van Bruggen, L.A. Lagerwerf, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, T. van der Zee en G.L. Velthof. 2023. Raming van luchtmissies uit de landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040. Achtergronddocument veehouderij en akkerbouw bij de Klimaat- en Energieverkenning 2022. Rapport 1399. Wageningen Livestock Research, Wageningen Livestock Research, Wageningen.

Bijlage 1 Gewasarealen (ha) per scenario

Gewas(groep)	2020	Scen 1	Scen 2	Scen 3	Scen 4
Grasland, blijvend	694463	662521	560482	524714	498417
Grasland, landschap			171911	221029	221029
Grasland, natuur	77974	77763	77763	77763	77763
Grasland, tijdelijk	185101	175667	105731	64056	12205
Grasklaver, blijvend			10000	20000	50000
Grasklaver, tijdelijk	20000	20000	50000	80000	130000
Totaal grasland	977538	935951	975887	987562	989413
Aardappelen, consumptie	76709	67907	63871	59836	54659
Aardappelen, poot	46583	44399	41760	39122	35737
Aardappelen, zetmeel	42329	40234	37843	35452	32385
Akkerbouw overig	12628	12900	12784	12667	12551
Bloembollen	26990	24328	22882	21436	19582
Boomgaarden	19926	17960	17960	17960	17960
Braak	8860	7986	7914	7842	7770
Cichorei	3853	3653	3436	3219	2940
CCM	6707	5761	5709	5657	5605
Gerst, winter	9724	9298	9214	9130	9046
Gerst, zomer	28968	19324	19150	18975	18801
Graszaad	10514	9730	9642	9554	9467
Groenbemestingsgewassen	11904	11524	11420	11316	11212
Groente	45489	45414	45004	44595	44185
Handelsgewassen	5276	4201	4163	4125	4087
Haver	1568	1318	1306	1294	1282
Koolzaad	1695	1432	1419	1406	1393
Korrelmais	12819	11037	10937	10838	10738
Kwekerij	20250	18252	18252	18252	18252
Peulvruchten	7344	8667	13667	18667	23667
Rogge	1903	2097	2078	2059	2040
Snijmais	195756	177110	132174	115499	108648
Suikerbieten	81459	76787	72224	67660	61807
Tarwe, winter	92844	101613	115697	129780	148864
Tarwe, zomer	16784	11990	11882	11774	11666
Triticale	1183	1192	1181	1170	1160
Uien	37049	37711	35470	33229	30354
Voedergewassen overig	2405	2549	2398	2246	2052
Voedergewassen vlinderbloemig	7506	6966	11966	16966	21966
Totaal bouwland	837025	783340	743404	731729	729878
Totaal landbouwareaal	1814563	1719291	1719291	1719291	1719291

Bijlage 2 Broeikasgasemissies (Mton CO₂-eq) per scenario

Emissiebron	2020	Scen 1	Scen 2	Scen 3	Scen 4
Methaan					
Pensfermentatie	8.75	9.09	7.85	6.96	5.09
Mestopslagen	4.08	3.97	3.01	2.38	2.18
Lachgas					
Kunstmest	1.11	0.81	0.86	0.75	0.49
Dierlijke mest	1.07	1.02	0.68	0.67	0.64
Overige mest	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Gewasresten	0.23	0.22	0.23	0.24	0.24
Indirect uitspoeling	0.25	0.22	0.19	0.18	0.17
Indirect atm. depositie	0.37	0.36	0.27	0.25	0.24
Weidemest	0.67	0.70	0.73	0.71	0.82
Overig	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Stal- en mestopslagen	0.43	0.43	0.35	0.30	0.28
Landgebruik					
Bos	-1.96	-2.35	-2.51	-2.68	-2.84
Bouwland	1.58	1.75	1.41	1.29	1.20
Grasland	3.54	2.46	2.64	2.37	2.09
Wetland	-0.09	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04
Bebouwing	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Overig land	0.13	0.06	0.06	0.06	0.06
HWP	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10
Totaal AFOLU	22.1	20.6	17.6	15.3	12.5

Bijlage 3 Vergelijking NPLG-verkenning

Recentelijk is ook een andere scenariostudie voor de landbouw gepubliceerd in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). In die studie van Gies et al. (2023) wordt een integrale verkenning van regionale doelen en maatregelen in de landbouw uitgevoerd om de doelstellingen van de Vogel- en Habitatrichtlijnen, Kaderrichtlijn Water, Nitraatrichtlijn en het Nationaal Klimaatakkoord te realiseren. Die studie is vooral bedoeld om inzicht te geven op welke wijze landbouw in de verschillende provincies kan bijdragen aan het bereiken van de doelen voor natuur (m.n. stikstof), waterkwaliteit en klimaat. Tabel 16 geeft een overzicht van de verschillen tussen de twee studies.

Tabel 16 Vergelijking van deze studie met de NPLG-studie (Gies et al., 2023).

	NPLG-studie	AFOLU-studie
Tijdshorizon	2030	2035 (en 2050)
Basis voor referentie	KEV2021	KEV2022 en scenario's gebaseerd op geagendeerd beleid
Dieraantallen	Vast percentage krimp (-20% t.o.v. KEV 2021)	Scenario afhankelijk en gebaseerd op beschikbaar budget voor opkoop
Landgebruik	Geen veranderingen in bouwplan, wel omzetting naar natuurgrasland en effecten bufferzones en bufferstroken	Meer expliciet meegenomen, o.a. landschapsgrond, maar ook bouwplanveranderingen binnen akkerbouw
Integraliteit	Maatregelen gericht op reductie ammoniakemissie, broeikasgasemissie en verbeteren waterkwaliteit, kwantitatieve inschatting	Maatregelen gericht op reductie broeikasgassen. Kwalitatieve inschatting van effecten op NH ₃ en waterkwaliteit
Ruimtelijke schaal resultaten	Provinciaal	Nationaal
Economische dimensie	Geen	Kwantificering economische impact op primaire sector en agroketens met CBA-tool
Milieu- en gezondheidsschade	Niet beoordeeld	Vermeden milieu- en gezondheidsschade door beleid is gemonetariseerd
Scope	Alleen landbouw	Landbouw en landgebruik (incl. bos), conform NIR landbouw en LULUCF

Bijlage 4 Dieraantallen per scenario (in indexcijfers; 2020 = 100)

Scenario 1

	2020	2021	2025	2030	2035	2040	2050
Rundvee voor de melkveehouderij							
vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	103	102	100	97	95	90
mannelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	99	102	100	97	95	90
vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	100	107	102	100	97	95	90
mannelijk jongvee 1-2 jaar	100	119	109	106	103	100	95
vrouwelijk jongvee 2 jaar en ouder	100	89	102	100	97	95	90
melk- en kalfkoeien	100	99	97	95	93	91	86
melk- en kalfkoeien – regio Noordwest	100	99	97	95	93	91	86
melk- en kalfkoeien – regio Zuidoost	100	98	97	95	93	90	86
stieren voor de fokkerij 2 jaar en ouder	100	92	96	93	91	88	83
Rundvee voor de vleesproductie							
vleeskalveren voor de witvleesproductie	100	102	100	100	100	100	100
vleeskalveren voor de rosévleesproductie	100	98	98	98	98	98	98
vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	98	99	99	99	99	99
mannelijk jongvee (incl. ossen) jonger dan 1 jaar	100	90	95	95	95	95	95
vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	100	114	107	107	107	107	107
mannelijk jongvee (incl. ossen) 1-2 jaar	100	106	103	103	103	103	103
vrouwelijk jongvee 2 jaar en ouder	100	99	100	100	100	100	100
mannelijk jongvee (incl. ossen) 2 jaar en ouder	100	95	98	98	98	98	98
zoog-, mest- en weidekoeien	100	96	98	98	98	98	98
Varkens							
biggen tot 20 kg nog bij de zeug	100	93	94	101	101	101	106
biggen tot 20 kg niet meer bij de zeug	100	97	96	103	103	103	108
vleesvarkens	100	97	91	91	91	91	91
opfokzeugen en -beren	100	98	92	92	92	92	92
guste en dragende zeugen	100	94	88	88	88	88	88
zeugen bij de biggen	100	92	87	87	87	87	87
opfokberen 50 kg en meer	100	95	91	91	91	91	91
dekrijpe beren	100	76	82	82	82	82	82
Pluimvee							
ouderdieren van slachtrassen jonger dan 18 weken	100	102	96	96	96	96	96
ouderdieren van slachtrassen 18 weken en ouder	100	98	94	94	94	94	94
legghennen jonger dan 18 weken	100	96	98	98	98	98	98
legghennen 18 weken en ouder	100	104	102	102	102	102	102
vleeskuikens	100	100	95	95	95	95	95
eenden	100	80	80	80	80	80	80
kalkoenen	100	103	104	104	104	104	104

Scenario 2

	2020	2021	2025	2030	2035	2040	2050
Rundvee voor de melkveehouderij							
vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	103	97	91	84	82	77
mannelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	99	97	91	84	82	77
vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	100	107	97	91	84	82	77
mannelijk jongvee 1-2 jaar	100	119	97	91	84	82	77
vrouwelijk jongvee 2 jaar en ouder	100	89	97	91	84	82	77
melk- en kalfkoeien	100	99	95	89	82	80	75
melk- en kalfkoeien – regio Noordwest	100	99	95	89	82	80	75
melk- en kalfkoeien – regio Zuidoost	100	98	95	89	82	80	75
stieren voor de fokkerij 2 jaar en ouder	100	92	96	93	91	88	83
Rundvee voor de vleesproductie							
vleeskalveren voor de witvleesproductie	100	102	98	94	90	90	90
vleeskalveren voor de rosévleesproductie	100	98	96	92	88	88	88
vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	98	97	92	86	86	86
mannelijk jongvee (incl. ossen) jonger dan 1 jaar	100	90	93	87	82	82	82
vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	100	114	105	99	94	94	94
mannelijk jongvee (incl. ossen) 1-2 jaar	100	106	101	95	90	90	90
vrouwelijk jongvee 2 jaar en ouder	100	99	97	92	87	87	87
mannelijk jongvee (incl. ossen) 2 jaar en ouder	100	95	95	90	85	85	85
zoog-, mest- en weidekoeien	100	93	93	88	83	83	83
Varkens							
biggen tot 20 kg nog bij de zeug	100	93	83	74	65	65	65
biggen tot 20 kg niet meer bij de zeug	100	97	87	74	65	65	65
vleesvarkens	100	97	86	75	63	63	63
opfokzeugen en -beren	100	98	88	79	70	70	70
guste en dragende zeugen	100	94	84	75	66	66	66
zeugen bij de biggen	100	92	83	74	65	65	65
opfokberen 50 kg en meer	100	95	87	78	69	69	69
dekrijpe beren	100	76	78	69	60	60	60
Pluimvee							
ouderdieren van slachtrassen jonger dan 18 weken	100	102	92	82	72	72	72
ouderdieren van slachtrassen 18 weken en ouder	100	98	90	80	71	71	71
legghennen jonger dan 18 weken	100	96	94	84	75	75	75
legghennen 18 weken en ouder	100	104	97	87	76	76	76
vleeskuikens	100	100	92	86	79	79	79
eenden	100	80	80	80	80	80	80
kalkoenen	100	103	99	87	75	75	75

Scenario 3

	2020	2021	2025	2030	2035	2040	2050
Rundvee voor de melkveehouderij							
vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	103	96	85	75	72	68
mannelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	99	96	85	75	72	68
vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	100	107	96	85	75	72	68
mannelijk jongvee 1-2 jaar	100	119	96	85	75	72	68
vrouwelijk jongvee 2 jaar en ouder	100	89	96	85	75	72	68
melk- en kalfkoeien	100	99	94	83	73	71	66
melk- en kalfkoeien – regio Noordwest	100	99	94	83	73	71	66
melk- en kalfkoeien – regio Zuidoost	100	98	94	83	73	71	66
stieren voor de fokkerij 2 jaar en ouder	100	92	96	93	91	88	83
Rundvee voor de vleesproductie							
vleeskalveren voor de witvleesproductie	100	102	97	89	81	81	81
vleeskalveren voor de rosévleesproductie	100	98	95	87	79	79	79
vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	98	96	89	82	82	82
mannelijk jongvee (incl. ossen) jonger dan 1 jaar	100	90	92	85	78	78	78
vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	100	114	104	97	90	90	90
mannelijk jongvee (incl. ossen) 1-2 jaar	100	106	100	93	86	86	86
vrouwelijk jongvee 2 jaar en ouder	100	99	96	89	82	82	82
mannelijk jongvee (incl. ossen) 2 jaar en ouder	100	95	94	87	80	80	80
zoog-, mest- en weidekoeien	100	93	92	85	78	78	78
Varkens							
biggen tot 20 kg nog bij de zeug	100	93	80	64	47	47	47
biggen tot 20 kg niet meer bij de zeug	100	97	84	64	47	47	47
vleesvarkens	100	97	84	67	50	50	50
opfokzeugen en -beren	100	98	85	69	53	53	53
guste en dragende zeugen	100	94	81	64	48	48	48
zeugen bij de biggen	100	92	80	64	47	47	47
opfokberen 50 kg en meer	100	95	84	67	51	51	51
dekrijpe beren	100	76	75	58	42	42	42
Pluimvee							
ouderdieren van slachtrassen jonger dan 18 weken	100	102	88	72	55	55	55
ouderdieren van slachtrassen 18 weken en ouder	100	98	87	70	53	53	53
legghennen jonger dan 18 weken	100	96	90	73	56	56	56
legghennen 18 weken en ouder	100	104	94	75	57	57	57
vleeskuikens	100	100	90	78	66	66	66
eenden	100	80	80	80	80	80	80
kalkoenen	100	103	95	73	52	52	52

Scenario 4

	2020	2021	2025	2030	2035	2040	2050
Rundvee voor de melkveehouderij							
vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	103	96	85	75	72	68
mannelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	99	96	85	75	72	68
vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	100	107	96	85	75	72	68
mannelijk jongvee 1-2 jaar	100	119	96	85	75	72	68
vrouwelijk jongvee 2 jaar en ouder	100	89	96	85	75	72	68
melk- en kalfkoeien	100	99	94	83	73	71	66
melk- en kalfkoeien – regio Noordwest	100	99	94	83	73	71	66
melk- en kalfkoeien – regio Zuidoost	100	98	94	83	73	71	66
stieren voor de fokkerij 2 jaar en ouder	100	92	96	93	91	88	83
Rundvee voor de vleesproductie							
vleeskalveren voor de witvleesproductie	100	102	97	89	81	81	81
vleeskalveren voor de rosévleesproductie	100	98	95	87	79	79	79
vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	100	98	96	89	82	82	82
mannelijk jongvee (incl. ossen) jonger dan 1 jaar	100	90	92	85	78	78	78
vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	100	114	104	97	90	90	90
mannelijk jongvee (incl. ossen) 1-2 jaar	100	106	100	93	86	86	86
vrouwelijk jongvee 2 jaar en ouder	100	99	96	89	82	82	82
mannelijk jongvee (incl. ossen) 2 jaar en ouder	100	95	94	87	80	80	80
zoog-, mest- en weidekoeien	100	93	92	85	78	78	78
Varkens							
biggen tot 20 kg nog bij de zeug	100	93	80	64	47	47	47
biggen tot 20 kg niet meer bij de zeug	100	97	84	64	47	47	47
vleesvarkens	100	97	84	67	50	50	50
opfokzeugen en -beren	100	98	85	69	53	53	53
guste en dragende zeugen	100	94	81	64	48	48	48
zeugen bij de biggen	100	92	80	64	47	47	47
opfokberen 50 kg en meer	100	95	84	67	51	51	51
dekrijpe beren	100	76	75	58	42	42	42
Pluimvee							
ouderdieren van slachtrassen jonger dan 18 weken	100	102	88	72	55	55	55
ouderdieren van slachtrassen 18 weken en ouder	100	98	87	70	53	53	53
legghennen jonger dan 18 weken	100	96	90	73	56	56	56
legghennen 18 weken en ouder	100	104	94	75	57	57	57
vleeskuikens	100	100	90	78	66	66	66
eenden	100	80	80	80	80	80	80
kalkoenen	100	103	95	73	52	52	52

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3268
ISSN 1566-7197



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, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 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.

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



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3268
ISSN 1566-7197

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, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 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.

