

Scenariostudie naar doelen en doelrealisatie in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied

Een integrale verkenning van regionale water-, klimaat- en stikstofdoelen en maatregelen
in de landbouw

Edo Gies, Twan Cals, Piet Groenendijk, Hans Kros, Tia Hermans, Jan Peter Lesschen, Leo Renaud,
Gerard Velthof, Jan-Cees Voogd



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Scenariostudie naar doelen en doelrealisatie in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied

Een integrale verkenning van regionale water-, klimaat- en stikstofdoelen en maatregelen
in de landbouw

Edo Gies, Twan Cals, Piet Groenendijk, Hans Kros, Tia Hermans, Jan Peter Lesschen, Leo Renaud,
Gerard Velthof, Jan-Cees Voogd

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door het
ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, januari 2023

Gereviewd door:

prof.dr.ir. O Oenema, Emeritus hoogleraar Nutriëntmanagement en Bodemvruchtbaarheid (WUR)

Akkoord voor publicatie:

Corine van As, teamleider (team Regionale ontwikkeling en Ruimtegebruik,
WENR)

Rapport 3236

ISSN 1566-7197

ISBN 978-94-6447-591-3

Gies, Edo, Twan Cals, Piet Groenendijk, Hans Kros, Tia Hermans, Jan Peter Lesschen, Leo Renaud, Gerard Velthof, Jan-Cees Voogd, 2023. *Scenario studie naar doelen en doelrealisatie in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied; Een integrale verkenning van regionale water-, klimaat- en stikstofdoelen en maatregelen in de landbouw*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3236. 112 blz.; 25 fig.; 6 tab.; 42 ref.

Deze studie betreft een integrale verkenning van regionale doelen en maatregelen in de landbouw om de doelstellingen van de Vogel- en Habitatrichtlijnen, Kaderrichtlijn Water, Nitraatrichtlijn en het Nationaal Klimaatakkoord te realiseren. Hiertoe zijn regionale doelen afgeleid en is een integraal maatregelenpakket vastgesteld, waarbij gestreefd werd om de doelen te realiseren. De effecten van het maatregelenpakket is verkend voor de Nederlandse landbouw met betrekking tot uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater, broeikasgasemissies (koolstofdioxide uit veengrond, methaan en lachgas), koolstofvastlegging in bodems, ammoniakemissie en stikstofdepositie op natuur. De doelen zijn geregionaliseerd naar provincieniveau op basis van bestaande en beoogde afspraken of zijn door de auteurs afgeleid op basis van de huidige emissies per provincie. Er zijn berekeningen uitgevoerd voor het basisjaar 2020, het referentiejaar 2030 bij vaststaand beleid en twee scenario's waarbij het maatregelenpakket generiek en gebiedsgericht is toegepast. De effecten van de maatregelen zijn vervolgens gerelateerd aan de regionale doelen om het doelbereik te bepalen.

This study is an integral exploration of regional goals and measures in agriculture to achieve the goals of the Birds and Habitats Directive, Water Framework Directive, Nitrates Directive and the National Climate Agreement. To this end, regional targets have been derived and an integrated package of measures has been established, aiming to achieve the targets. The effects of the package of measures have been explored for Dutch agriculture with regard to leaching and runoff of nitrogen and phosphorus to groundwater and surface water, greenhouse gas emissions (carbon dioxide from peat soil, methane and nitrous oxide and carbon sequestration in soils), ammonia emission and nitrogen deposition in nature. The targets have been regionalized to province level on the basis of existing and intended agreements or have been derived by the authors on the basis of current emissions per province. Calculations have been performed for the base year 2020, the reference year 2030 with established policy and two scenarios, in which the package of measures has been applied generically and region oriented. The effects of the measures were evaluated in view of the regional targets to determine target reach.

Trefwoorden: Nationaal Programma Landelijk Gebied, scenario's, stikstof, fosfor, ammoniakemissie, stikstof depositie, waterkwaliteit, klimaat, broeikasgasemissie, landbouw, maatregelen, regionale doelen

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/587289> 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 3236 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Shutterstock 1384196252

Inhoud

Verantwoording	5
Woord vooraf	7
Lijst met afkortingen	9
Beknopte samenvatting	11
Uitgebreide samenvatting	13
1 Inleiding	19
1.1 Aanleiding	19
1.2 Onderzoeksopdracht	20
1.3 Onderzoeksproces	20
1.4 Afbakening van de studie	21
1.5 Leeswijzer	21
2 Emissies uit de landbouw	23
2.1 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor	23
2.1.1 Nitraatuitspoeling naar het grondwater	23
2.1.2 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater	24
2.2 Broeikasgasemissies	24
2.2.1 Methaanemissie	24
2.2.2 Lachgasemissie	25
2.2.3 Koolstofvastlegging in minerale gronden	25
2.2.4 CO ₂ -emissie uit veengronden	25
2.3 Ammoniakemissie en stikstofdepositie	25
2.4 Interactie tussen de beschouwde emissies	26
3 Aanpak op hoofdlijnen	27
3.1 Stap 1: Afleiden van mogelijke regionale doelen	27
3.2 Stap 2: Integraal doorrekenen van twee scenario's voor de landbouw in 2030	29
3.3 Stap 3: Analyse van doelbereik van de twee scenario's	31
4 Afleiden van mogelijke regionale doelen	32
4.1 Waterkwaliteit	32
4.1.1 Nitraat in uitspoelingswater uit de wortelzone	32
4.1.2 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar oppervlaktewater	34
4.2 Broeikasgassen	37
4.2.1 Methaan- en lachgasemissies uit veehouderij en akkerbouw	37
4.2.2 Koolstofvastlegging minerale bodems	39
4.2.3 Reductie CO ₂ -emissies uit veengronden	40
4.3 Ammoniakemissie	41
4.3.1 Richtinggevende ammoniakdoelen conform startnotitie NPLG	41
4.3.2 Richtinggevende ammoniakdoelen op basis van proportionele bijdrage	42
5 Uitwerking van de scenario's	44
5.1 Maatregelen in de scenario's	44
5.2 Extensiveren aan de hand van structurerende keuzes	48
5.3 Consequenties voor landbouwareaal, veestapel en mest	49
5.3.1 Landbouwareaal	49
5.3.2 Veestapel	50
5.3.3 Bemesting, mesttransport en het mestoverschot	50

6	Resultaten scenario's: emissies en doelbereik	52
6.1	Waterkwaliteit	52
6.1.1	Nitraatconcentraties in uitspoelingswater onder de wortelzone van de bodem	52
6.1.2	Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar oppervlaktewater	54
6.1.3	Discussie en conclusies	57
6.2	Emissie van broeikasgassen	58
6.2.1	Methaan- en lachgasemissies	58
6.2.2	Koolstofvastlegging minerale bodems	59
6.2.3	Emissies van CO ₂ uit veengronden	60
6.2.4	Discussie en conclusies	61
6.3	Ammoniakemissie en stikstofdepositie	62
6.3.1	Ammoniakemissie	62
6.3.2	Stikstofdepositie	63
6.3.3	Discussie en conclusies	64
7	Synthese en discussie	65
7.1	Belangrijkste inzichten	65
7.2	Discussie en aanbevelingen	67
7.2.1	Effectiviteit en impact van maatregelen	67
7.2.2	Nadere inzichten wenselijk	69
Literatuur		71
Bijlage 1	Achtergrondinformatie toegepaste modellen	74
Bijlage 2	Uitwerking basisjaar 2020 en referentieraming 2030	81
B2.1	Basisjaar 2020 (BJ)	81
B2.2	Referentieraming 2030 (RR)	81
Bijlage 3	Uitwerking Maatregelen	86
B3.1	Minder vee	86
B3.2	Bufferstroken	87
B3.3	Extensiveren in brede bufferstroken in beekdalen	88
B3.4	Vernatten veengronden	89
B3.5	Eiwitarm rantsoen	90
B3.6	Additieven voer (methaan)	91
B3.7	Meer weidegang	91
B3.8	Efficiëntere mesttoediening	92
B3.9	Lagere bemesting	92
B3.10	Leeftijd grasland verhogen	93
B3.11	Groter areaal rustgewassen	94
B3.12	Vanggewassen en groenbemesters toepassen	95
B3.13	Emissiearme stallen (ammoniak)	96
B3.14	Snelle afvoer van mest naar opslag	97
B3.15	Kwalitatief overzicht van impact maatregelen op emissies en concentraties	97
Bijlage 4	Consequenties scenario's per provincie	98
Bijlage 5	Differentiatie depositiecijfers	101
Bijlage 6	Netto stikstof- en fosfaatbelasting van landbouwgronden en stikstof- en fosfaatoverschot op de bodembalans per provincie	104
Bijlage 7	Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor gemiddeld voor waterbeheergebieden	108
Bijlage 8	Nadere toelichting effecten derogatie op koolstofvastlegging	110

Verantwoording

Rapport: 3236

Projectnummer: 5200047577

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: Emeritus hoogleraar Nutriënt Management en Bodemvruchtbaarheid (WUR)

naam: Prof. dr. ir. O. Oenema

datum: 1 december 2022

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: C.J. van As, MSc

datum: 18 januari 2022

Woord vooraf

Het landelijk gebied in Nederland zal de komende jaren een flinke verandering ondergaan om de verschillende urgente maatschappelijke vraagstukken te kunnen oplossen. De draagkracht van de natuur en het bodem- en watersysteem wordt op veel plekken overschreden. Daarom moeten onder andere de emissies van nutriënten uit de landbouw worden beperkt. Bovendien vraagt de klimaatopgave om een sterke daling van de broeikasgasemissies vanuit de landbouw.

Wageningen University & Research (WUR) wil oplossingsrichtingen zoeken op basis van een samenhangende en gebiedsgerichte aanpak. Deze studie, die we voor het interdepartementale programmateam Nationaal Programma Landelijk Gebied hebben uitgevoerd, heeft voor het eerst een integrale beoordeling gemaakt van landbouwkundige maatregelen ten aanzien van het doelbereik voor stikstof, klimaat en waterkwaliteit. De onderzoekers zijn er in geslaagd om door de koppeling van verschillende modellen doelbereik van twee maatregelpakketten door te rekenen op nationaal en provinciaal niveau. De resultaten laten zien dat op basis van de gebruikte aannames en stevige maatregelpakketten veel doelen geheel of gedeeltelijk gehaald kunnen worden.

Het onderzoek vond plaats in 2022, het jaar waarin het Nationaal Programma Landelijk Gebied werd gepubliceerd. Ook kwam het rapport Remkes uit, met als advies om een lange termijn perspectief te schetsen voor de agrarische sector en het landelijk gebied, en de gebiedsgerichte transitie in gang te zetten. In deze context is dit onderzoek uitgevoerd en zijn maatregelpakketten uitgewerkt en doorgerekend.

Het onderzoek had een verkennend karakter. Het onderzoek is niet bedoeld om beleid te analyseren en evalueren, om regionale doelen vast te stellen, of het meest optimale pakket aan maatregelen te bepalen. Het onderzoek is 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.

Uiteraard roept deze verkenning ook weer vervolgvragen op. Hoe zit het met de haalbaarheid en betaalbaarheid van de maatregelen? Welke maatregelen zijn het meest effectief en waar zitten de grootste onzekerheden? Welk instrumentarium en handelingsperspectief past het beste om deze maatregelen te implementeren? En hoe verhouden de maatregelen en de effecten daarvan zich met de ontwikkelingen en opgaven in andere sectoren? Naast landbouwkundige, milieukundige en technische vragen, zullen vragen over het wat, wie en hoe met betrekking tot gebiedsprocessen een belangrijke rol gaan spelen. Vragen waar we als WUR de komende tijd verder aan zullen werken.

Ik wil, mede namens het projectteam, de opdrachtgever, de leden van de begeleidingscommissie, meelezende beleidsdirecties van LNV en WUR-collega's (o.a. van de Taskforce Integrale Gebiedsgerichte Aanpak) bedanken voor hun waardevolle inbreng.

Bram de Vos
Algemeen directeur, Wageningen Environmental Research (WENR)

Lijst met afkortingen

Term	Omschrijving
ANIMO	Simulatiemodel waarmee uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater wordt berekend als resultante van bemesting, gewasopname, bodemprocessen en het transport van opgeloste stoffen
AERIUS	Instrument in de uitwerking van de Aanpak Stikstof en ter ondersteuning van het vergunningsproces in het kader van de Wet natuurbescherming
BRP	Basisregistratie Gewaspercelen
CDM	Commissie Deskundigen Meststoffenwet
CO ₂	Koolstofdioxide
GIAB	Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven
GLG	Gemiddeld laagste grondwaterstand
GO	Gecombineerde Opgave van RVO; een jaarlijkse opgave voor agrarisch ondernemers t.b.v. LBT, de mestwet en diverse subsidies
HRU	Hydrologische Respons Unit
INITIATOR	Integrated Nitrogen Impact Assessment Tool on a Regional Scale. Simulatiemodel dat in deze studie gebruikt is voor ruimtelijke verdeling van bemesting, ammoniak-, lachgas- en methaanemissie
I&R	Identificatie en Registratie-bestand voor verschillende diersoorten
KEV	Klimaat- en Energieverkenning; jaarlijkse monitoring voortgang klimaatbeleid in het kader van de Klimaatwet (Kw) met raming van emissies in 2030
KEV2021	De Klimaat en Energie Verkenning (KEV) gepubliceerd in het jaar 2021
KRW	Kaderrichtlijn Water
LBDG	Landbouwdeelgebied; een combinatie van CBS-landbouwgebied en gemeente, zoals gehanteerd in INITIATOR en ANIMO/LWKM
LBT	Landbouwtelling, bevat statistische landbouw informatie, zoals dieraantallen per bedrijf (op basis van relatienummer)
LMM	Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (meetnet voor monitoring waterkwaliteit en bemesting)
LWKM	Landelijk Waterkwaliteitsmodel
Mw	Meststoffenwet
N	Stikstof
NH ₃	Ammoniak
NO ₃	Nitraat
NO _x	Stikstofmonoxide (NO) + stikstofdioxide (NO ₂)
NOVB	Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden
N ₂ O	Lachgas
NAP7	7 ^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn voor de periode 2022–2025
NEMA	National Emission Model for Agriculture
NPLG	Nationaal Programma Landelijk Gebied
NRL	Nitraatrichtlijn
OHV	Opgave huisvesting, bevat informatie zoals dieraantallen per staltype
OPS	Operationele Prioritaire Stoffen-model
P	Fosfor (wordt gebruikt voor gewasopname, uitspoeling en waterkwaliteit)
P ₂ O ₅	Fosfaat (wordt gebruikt voor bemesting met mest en kunstmest)
PC4	Postcodegebied begrensd door het numerieke deel (vier cijfers) van de postcode
Rav	Regeling Ammoniak en Veehouderij
Renure	REcovered Nitrogen from manURE. Inzet van kunstmestvervangers
RothC	ROTHamstad Carbon model
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
SGBP	Stroomgebiedbeheerplan
SOMERS	Subsurface Matter Emission Registration System
TAN	Totaal Ammoniakaal Stikstof

Term	Omschrijving
VDM	RVO-register Vervoersbewijzen Dierlijke Mest
VHR	Vogel- en Habitatrichtlijnen
VZC	RVO-register Vervoersbewijs Zuiveringslib en Compost
WENR	Wageningen Environmental Research
Wsn	Wet stikstofreductie en natuurverbetering
WUM	Werkgroep Uniformering berekening Mest- en mineralcijfers
WUR	Wageningen University & Research

Beknopte samenvatting

In het coalitieakkoord van het kabinet Rutte IV is aangegeven dat fors wordt geïnvesteerd in 'duurzame landbouw en robuuste natuur'. In het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG) worden de gebiedsgerichte opgaven voor o.a. landbouw en natuur beschreven. Het programmateam NPLG heeft aan Wageningen Environmental Research gevraagd te onderzoeken op welke manier provinciale milieudoelen die randvoorwaardelijk zijn voor landbouw kunnen worden afgeleid van nationale doelen. Daarnaast is gevraagd om een verkenning uit te voeren naar effecten van maatregelen in de landbouw op waterkwaliteit (nitraat in grondwater en stikstof- en fosforuitspoeling naar oppervlaktewater), klimaat (broeikasgasemissies en koolstofvastlegging in de bodem) en stikstof (ammoniakemissie en stikstofdepositie).

Wageningen Environmental Research heeft een verkenning uitgevoerd op basis van modelberekeningen naar doelen en effecten van maatregelen voor de Nederlandse landbouw met betrekking tot uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater, broeikasgasemissies (koolstofdioxide uit veengrond, methaan en lachgas en koolstofvastlegging in bodems), ammoniakemissie en stikstofdepositie op natuur. De doelen zijn in deze studie geregionaliseerd naar provincieniveau op basis van bestaande en beoogde afspraken of zijn door de auteurs afgeleid op basis van de huidige emissies (peiljaar 2020) per provincie. Het onderzoek heeft een verkennend karakter en is niet bedoeld om regionale doelen vast te stellen en/of het meest optimale pakket aan maatregelen te bepalen en betreft ook geen beleidsanalyse.

De auteurs van dit rapport hebben indicatieve maatregelenpakketten voor de landbouw samengesteld, waarbij gestreefd werd om de doelen te realiseren. Er zijn berekeningen uitgevoerd voor het basisjaar 2020, het referentiejaar 2030 bij vaststaand beleid en twee scenario's (generieke of deels gebiedsgerichte toepassing) naar effecten van een combinatie van de maatregelen. Hiervoor zijn de volgende maatregelen meegenomen: eiwitarmere rantsoenen, voeradditieven, meer weidegang, lagere stikstofbemesting, geen derogatie, meer blijvend grasland, meer rustgewassen, vangwassen, onbemeste bufferstroken, emissiearme stallen, emissiearme mesttoediening, verhoging waterpeil veenweidegebieden, 20% minder vee (al dan niet deels door extensivering in veenweidegebieden), natuurgebieden en brede beekdalen.

Dit is een eerste integrale verkenning van maatregelen uit de stikstof-, klimaat- en waterkwaliteitsdossiers op regioniveau. Daarbij kan sprake zijn van verschillende soorten onzekerheden; in de data en modellen, bij de effectiviteit van (nieuwe) maatregelen, bij de toepassing in de praktijk en bij het integrale effect van het pakket aan maatregelen. De indicatieve maatregelenpakketten in beide scenario's zijn omvangrijk en zullen een grote impact hebben op alle onderdelen van de agrarische bedrijfsvoering als ze worden geïmplementeerd. De haalbaarheid en kosten van deze maatregelen zijn in deze studie niet beoordeeld.

Alle provincies, uitgezonderd Limburg, voldoen bij de maatregelenpakketten gemiddeld aan de nitraatnorm voor grondwater. Slechts een deel van de provincies kan (gemiddeld) voldoen aan de doelen voor stikstof- en fosforuitspoeling naar oppervlaktewater. Binnen alle provincies vinden overschrijdingen van waterkwaliteitsnormen plaats, ook al wordt gemiddeld op provinciaal niveau aan de norm voldaan. De doelen voor methaan- en lachgasemissies worden met de maatregelen (nagenoeg) bereikt. De doelen voor koolstofvastlegging in bodems worden niet gerealiseerd. Om deze wel te halen, zijn vergaande aanpassingen in de agrarische bedrijfsvoering in grondgebruik nodig (o.a. meer rustgewassen in de akkerbouw en meer bouwland omzetten in grasland in de veehouderij). Ook het doel van reductie van CO₂-emissie uit veengronden wordt niet gerealiseerd na verhoging van de grondwaterstand tot gemiddeld 40 cm onder maaiveld. Het ammoniakemissiedoel wordt met de maatregelen vrijwel overal behaald. De landelijke doelstelling van vermindering van de stikstofdepositie op de stikstofgevoelige natuur wordt eveneens gehaald.

Geconcludeerd wordt dat landelijke doelstellingen voor reductie van emissies van ammoniak en broeikasgassen verdeeld kunnen worden naar provinciale doelstellingen, maar voor waterkwaliteit is dat lastiger. Voor waterkwaliteit moet namelijk ook nagegaan worden of wateren binnen een provincie aan de doelstellingen voldoen. De gehanteerde maatregelenpakketten in beide scenario's zijn omvangrijk, maar halen nog niet overal de gestelde doelen. Aanvullende maatregelen (zowel binnen als buiten landbouw) en gerichtere of zwaardere inzet van maatregelen dan toegepast in deze studie zijn nodig om aan alle doelen te voldoen.

Uitgebreide samenvatting

Aanleiding en doelstelling

In het coalitieakkoord van het kabinet Rutte IV (uit 2021) is aangegeven dat de komende jaren fors wordt geïnvesteerd in 'duurzame landbouw en robuuste natuur'. In het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG) worden de gebiedsgerichte opgaven voor natuur, water en klimaat beschreven. Het NPLG is een beleidsprogramma onder de Nationale Omgevingsvisie, met de ministeries van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Infrastructuur en Waterstaat en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties als opdrachtgevers.

Het programmateam NPLG heeft aan Wageningen Research gevraagd te onderzoeken op welke manier regionale (milieu)doelen die randvoorwaardelijk zijn voor landbouw kunnen worden afgeleid, zodat de doelstellingen uit de EU-Vogel- en Habitatrichtlijnen, EU-Kaderrichtlijn Water, EU-Nitraatrichtlijn en het Nationaal Klimaatakkoord gerealiseerd kunnen worden. Daarnaast heeft het programmateam gevraagd om (i) een integrale verkenning uit te voeren naar de effecten van maatregelenpakketten in de landbouw op emissies naar het milieu en (ii) na te gaan of de regionale doelen gerealiseerd kunnen worden met deze maatregelenpakketten.

Afbakening

Het onderzoek dat is beschreven in dit rapport heeft een verkennend karakter en is niet bedoeld om regionale doelen vast te stellen en het meest optimale pakket aan maatregelen qua doelbereik of kosteneffectiviteit te bepalen. De studie is gericht op alle sectoren in de landbouw, met uitzondering van de glastuinbouw. In de uitwerking van de regionale doelen wordt aangenomen dat niet-landbouwsectoren en het buitenland een evenredige bijdrage leveren aan het realiseren van de (inter)nationale doelen, zoals natuurverbeteringsmaatregelen, koolstofvastlegging in natuur- en bosgebieden en het verminderen van de CO₂- en stikstofemissies uit industrie en verkeer. De haalbaarheid en kosten van de maatregelen voor de primaire landbouw en de agrifoodsector zijn niet meegenomen in dit onderzoek.

Aanpak

Met behulp van modelberekeningen en gegevens over de landbouw en het agrarisch landgebruik in Nederland zijn de emissies uit de landbouw en de daardoor veroorzaakte belasting van natuur, oppervlaktewater en grondwater berekend. Bij emissies gaat het om uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater, broeikasgasemissies (koolstofdioxide uit veengrond, methaan en lachgas), koolstofvastlegging in de bodem en ammoniakemissies. Bij de belasting van natuur en water gaat het om stikstofdepositie en de uit- en afspoeling van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater.

De volgende modellen zijn gebruikt voor de berekeningen: INITIATOR (mestverdeling, ammoniakemissie, methaanemissie en lachgasemissie), Operationele Prioritaire Stoffen model (OPS, stikstofdepositie), RothC (koolstofvastlegging in de minerale bodems), rekenregels van SOMERS (emissie van CO₂ uit veenbodems) en het ANIMO-model binnen het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (ANIMO/LWKM, uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater). De modellen zijn op elkaar afgestemd door gebruik van dezelfde modelinvoer, bestaande uit onder andere de dieraantallen en arealen, maatregelen/scenario's en onderlinge interactie.

De maatregelenpakketten zijn door de auteurs van dit rapport op basis van literatuurkennis en inschatting door experts samengesteld en in twee scenario's uitgewerkt. Daarbij is ernaar gestreefd om integraal doelbereik mogelijk te maken, maar het was vooraf niet bekend of alle doelstellingen met de gekozen pakketten konden worden gerealiseerd. De haalbaarheid en kosten van deze maatregelen zijn in deze inschatting niet meegenomen. De verschillende maatregelen worden in de paragraaf 'Scenario's' hieronder verder toegelicht.

Afleiden van regionale doelstellingen

De nationale doelstellingen

De nationale doelstellingen voor waterkwaliteit, klimaat en stikstof zijn in de startnotitie NPLG (van 10 juni 2022) en het ontwikkeldocument NPLG (van 25 november 2022) weergegeven en luiden als volgt:

- Voor waterkwaliteit gelden de waterkwaliteitsnormen voor stikstof en fosfor van de Kaderrichtlijn Water en de Nitraatrichtlijn.
- Voor de emissies van methaan en lachgas geldt hierbij een reductieopgave van 5 Mton CO₂-equivalenten in 2030 ten opzichte van de geraamde emissie in 2030 volgens de Klimaat en Energie Verkenning (KEV) uit het jaar 2021. De landbouw heeft een indicatief restemissiedoel van 18,9 Mton CO₂-equivalenten in 2030. De Global Methane Pledge, waarmee Nederland zich heeft gecommitteerd aan de internationale samenwerking om de mondiale uitstoot van methaan met ten minste 30% te reduceren ten opzichte van 2020, is onderdeel van deze 5 Mton-reductiedoelstelling (3,82 Mton CO₂-equivalenten reductie tot 2030).
- Voor koolstofvastlegging in minerale landbouwgronden geldt een doelstelling van 0,5 Mton CO₂ extra opslag per jaar in 2030 ten opzichte van de huidige vastlegging.
- Voor de reductie van CO₂-emissies uit veengronden geldt een doelstelling van 1 Mton CO₂ per jaar in 2030.
- Voor stikstofdepositie geldt dat er toe wordt gewerkt naar een landelijke gunstige staat van instandhouding, hiervoor is het doel van 74% van het areaal stikstofgevoelige habitats in de Natura 2000-gebieden in 2030 onder de kritische depositiewaarde (KDW) moet zijn gebracht. Daarom dient de ammoniakemissie uit de landbouw verminderd te worden en daarvoor geldt richtinggevend een reductiedoel van 39 kton NH₃ ten opzichte van de geraamde emissie in 2030 volgens de Klimaat en Energie Verkenning (KEV) uit het jaar 2020.

Mogelijke regionale verdelingen nationale doelstellingen

In deze studie was het de opdracht om de doelen te regionaliseren naar provincieniveau, omdat vanuit het NPLG de insteek is om op dit schaalniveau richtinggevende doelen mee te geven aan provincies en waterschappen voor de uitwerking van de provinciale gebiedsprogramma's. De regionale verdeling over de provincies heeft in deze studie plaatsgevonden op basis van (i) reeds gemaakte afspraken (de veenweidestrategie en kwaliteitsnormen voor waterlichamen), (ii) beoogde afspraken (de verdeling van de stikstof/ammoniakdoelen over provincies conform startnotitie NPLG) of (iii) zijn door de auteurs bepaald (o.a. voor de broeikasgasemissies en koolstofvastlegging in de bodem en verdeling van ammoniakdoelen). Het zijn de verantwoordelijke overheden die de regionale doelen nader uitwerken en het is de politiek die uiteindelijk de regionale doelen vaststelt op basis van de definitieve provinciale gebiedsprogramma's.

De waterkwaliteitsdoelstellingen uit de Nitraatrichtlijn en Kaderrichtlijnwater kennen geen landelijke doelstelling en zijn gebaseerd op maximale concentraties van nitraat, stikstof en fosfor in grond- en oppervlaktewater die lokaal en regionaal op waterlichamen worden toegepast. In deze studie zijn de waterkwaliteitsdoelstellingen op het niveau van waterlichamen modelmatig vertaald naar provincieniveau door middel van berekeningen van uitspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden.

Voor de opgaven voor methaan- en lachgasemissies en ammoniakemissie zijn twee mogelijke verdelingen over de provincies toegepast, namelijk (i) verdeling van de emissies naar rato van de huidige emissies per provincies en (ii) verdeling volgens de verdeelsleutel voor ammoniakreductie zoals is opgenomen in de startnotitie NPLG. In deze verdeelsleutel wordt rekening gehouden met de ligging, aard en omvang van de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden in Nederland. Deze verdeelsleutel is dus ook toegepast voor de verdeling van de landelijke methaan- en lachgasemissies, waarbij opgemerkt moet worden dat ammoniakemissie en de methaan- en lachgasemissies niet een-op-een gerelateerd zijn.

De doelstellingen van koolstofopslag in minerale gronden en CO₂-reductie uit veengronden zijn landelijk vastgesteld. Bij vertaling van de doelstellingen naar provincieniveau is in deze studie rekening gehouden met de mogelijkheid van toepassing van maatregelen. Bij de verdeling van de landelijke doelstelling van koolstofopslag is rekening gehouden met de potentie voor koolstofvastlegging in landbouwgronden in een provincie en bij veengronden is rekening gehouden met het areaal van veengronden in een provincie.

Scenario's met maatregelen

Er is een berekening uitgevoerd voor het basisjaar 2020 en het referentiejaar 2030. De uitgangspunten voor het referentiejaar 2030 zijn gebaseerd op de Klimaat- en Energieverkenning uit 2021, uitgaande van autonome ontwikkelingen en het vastgestelde beleid op 1 mei 2021.

Er zijn twee scenario's met maatregelen doorgerekend:

- Scenario S1: Een integraal maatregelenpakket, generiek geïmplementeerd; en
- Scenario S2: Een integraal maatregelenpakket, waarbij een deel van maatregelen gebiedsgedifferentieerd zijn geïmplementeerd.

Het integrale maatregelenpakket bevat een combinatie van verschillende typen maatregelen:

- **Managementmaatregelen** richten zich op het aanpassen van de huidige bedrijfsvoering waardoor emissies verlaagd worden. In de maatregelenpakketten zijn opgenomen: een eiwitarmere rantsoen, meer weidegang, lagere en efficiëntere stikstofbemesting, geen derogatie, meer blijvend grasland, rustgewassen in de gewasrotatie, groenbemesters en vangwassen.
- **Technische maatregelen** richten zich op het inzetten van technieken om de emissies van activiteiten af te vangen of te verminderen. In de maatregelenpakketten zijn opgenomen: emissiearme stallen en mestopslag of -verwerking (zowel voor ammoniak als methaan), emissiearmere mesttoediening en het gebruik van additieven aan het voer om emissies van ammoniak en methaan te verminderen.
- **Structuurmaatregelen** richten zich op het verminderen van de activiteiten die emissie veroorzaken en op ruimtelijke maatregelen. Er is in de maatregelenpakketten uitgegaan van onbemeste bufferstroken, extensivering in veenweidegebieden in combinatie met het verhogen van het grondwaterpeil, extensivering in natuur- en overgangsgebieden en brede beekdalen en 20% minder vee.

De maatregelen zijn zowel generiek (gelijk over alle bedrijven in Nederland, scenario S1) als gebiedsgedifferentieerd (gericht op extensivering in aandachtsgebieden binnen het NPLG, scenario S2) toegepast. In het gebiedsgedifferentieerde scenario wordt aangesloten bij 'structurende keuzes' uit de startnotitie NPLG en het ontwikkeldocument NPLG, zoals de natuur- en overgangsgebieden en de bufferzones in beekdalen op de zandgronden en de veenweidegebieden. In deze 'aandachtsgebieden' is in het gebiedsgedifferentieerde deel van scenario S2 ingezet op extensiveren door een lagere veebezetting, meer uren weidegang en een lagere bemesting.

In de berekeningen is aangenomen dat de maatregelen op ieder bedrijf volledig zijn geïmplementeerd. Er zijn aannames gemaakt over de effectiviteit van de maatregelen. Voor de maatregelen zijn dit deels reeds onderbouwde effecten en deels inschattingen, omdat deze maatregelen nog in ontwikkeling zijn. Er lopen nog allerlei onderzoeksprojecten om de effectiviteit van maatregelen te kwantificeren, zowel voor ammoniak- en broeikasgasemissies als voor stikstof- en fosforuitspoeling.

Consequenties van de maatregelen voor het landbouwareaal, veestapel en mestgebruik

De uitwerking van de maatregelen in de scenario's hebben effect op het landbouwareaal, de veestapel en het dierlijke mest- en kunstmestgebruik, hetgeen doorwerkt in de effecten van de maatregelen op de emissies uit de landbouw naar het milieu. In scenario S1 is het areaal landbouwgrond dat niet meer wordt bemest 45.000 ha (dit zijn de bufferstroken). In scenario S2 neemt het areaal onbemeste landbouwgrond verder toe en bedraagt bijna 180.000 ha (arealen zijn gebaseerd op het geraamde areaal in de referentieraming 2030). Naast de bufferstroken vindt in dit scenario ook een toename plaats van het areaal onbemeste landbouwgronden in natuur- en overgangsgebieden en veenweidegebieden. Er is aangenomen dat het areaal onbemeste landbouwgrond wordt gebruikt als grasland en dat hier koolstofvastlegging in de bodem plaatsvindt.

De maatregel 20% minder vee is in scenario S1 generiek toegepast op geheel Nederland en is gebaseerd op de fosfaatexcretie door het vee (alle diercategorieën zijn daarmee 'optelbaar'). In scenario S2 is de 20% minder vee meer gedifferentieerd uitgewerkt, met als consequentie dat in de natuur- en overgangsgebieden en de bufferzones langs beekdalen op de zandgronden ongeveer een halvering van de veestapel optreedt, dat in het veenweidegebied de vermindering enkele procentpunten hoger is dan de 20% in het generieke scenario en dat van de 10% bedrijven met de grootste bijdrage aan de depositie op de stikstofgevoelige natuur in Nederland ook de veestapel wordt gehalveerd. In de overige gebieden blijft de veestapel gelijk ten opzichte van de referentieraming 2030.

De bemesting met dierlijke mest neemt door het vervallen van de derogatie van de Nitraatrichtlijn in 2026 gemiddeld met ruim 15% af. Graasdierbedrijven mogen dan nog maximaal 170 kg stikstof per ha landbouwgrond per jaar toedienen (voor graasdierbedrijven op klei- en veengronden en op zandgronden in Noord-Nederland met een derogatie geldt nu een maximum van 250 kg stikstof per ha en op zandgronden in Zuid- en Oost-Nederland een maximum van 230 kg stikstof per ha per jaar). In deze studie gaan is ervan uitgegaan dat de afname in (werkzame) stikstofgift via dierlijke mest door een hogere stikstofgift met kunstmest wordt gecompenseerd. De kunstmestgiften nemen daarom gemiddeld met 13% toe.

Conclusies doelbereik scenario's

De maatregelen zijn als geheel pakket en integraal doorgerekend, dat wil zeggen dat er rekening gehouden is met de onderlinge interactie tussen maatregelen en de effecten op alle thema's. De effecten worden hieronder per thema beschreven.

Effecten op waterkwaliteit

Alle provincies voldoen bij beide maatregelenpakketten gemiddeld aan de nitraatnorm voor grondwater, uitgezonderd Limburg. Echter, binnen alle provincies vindt op een deel van het areaal nog wel een overschrijding van de nitraatnorm plaats. Het areaal waarin overschrijding van de nitraatnorm optreedt in scenario S2, varieert van 1% voor Zeeland tot 62% voor Limburg en is gemiddeld 19% voor Nederland. Mogelijke aanvullende maatregelen om nitraatuitspoeling uit landbouwgronden te beperken, moeten gericht zijn op verhoging van de stikstofbenutting door het gewas (lagere stikstofbemesting en/of een hogere opbrengst) of verandering van gewassen in de rotatie.

In Gelderland, Noord-Brabant, Overijssel, Groningen, Drenthe en Utrecht (provincies met veel zandgebieden) kunnen gemiddeld de regionale doelen voor stikstof in het oppervlaktewater gehaald worden, zeker als ingezet wordt op efficiëntere bemesting en extensivering in brede beekdalen. De regionale doelen voor fosfor worden alleen in Drenthe en Overijssel gemiddeld gehaald. Zeeland heeft geen regionaal doel voor fosfor. Door hoge fosfaatgiften in het verleden via dierlijke mest en kunstmest heeft in veel landbouwgronden ophoping van fosfaat plaatsgevonden. Het vrijkomen en uitspoelen van fosfor uit deze gronden leidt in veel oppervlaktewateren tot overschrijding van de fosfordoelen. Ook bij stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater geldt dat als een provincie gemiddeld voldoet aan de doelen, er binnen de provincies oppervlaktewater aanwezig kan zijn dat niet aan de waterkwaliteitsnorm voldoet. Bij aanvullende maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren, kan gedacht worden aan maatregelen die de uitspoeling reduceren, zoals een (nog) lagere bemesting, maar ook aan hydrologische maatregelen en end-of-pipe maatregelen (zoals het verwijderen van uitgespoelde stikstof uit drains, sloten en/of grotere oppervlaktewater door stimulatie van denitrificatie via toediening van houtsnippers).

Effecten op methaan- en lachgasemissies

De nationale en provinciale doelen voor de reductie van methaan en lachgas worden na het toepassen van beide scenario's in de meeste provincies en in Nederland (nagenoeg) bereikt. De doelstelling van de Global Methane Pledge wordt ook gehaald. De totale methaan- en lachgasemissie in Nederland vermindert van 18,4 Mton CO₂-equivalenten in 2020 tot 17,6 Mton in 2030 volgens de KEV-ramingen, 14,1 Mton in scenario S1 en 13,9 Mton in scenario S2. Bij sommige maatregelen kan er sprake kan zijn van afwenteling. Bijvoorbeeld, weidegang om ammoniakemissie te reduceren, leidt tot meer lachgasemissie. In de scenario's zijn maatregelen genomen specifiek gericht op reductie van methaanemissie (voeradditief en stalvernieuwing met lage methaanemissie), maar voor reductie van lachgas zijn geen specifieke maatregelen opgenomen in het doorgerekende pakket. Aanvullende maatregelen, zoals het aanpassen van type meststof aan weersomstandigheden en gebruik van nitrificatieremmers, kunnen de lachgasemissie verder verminderen.

Effecten op koolstofvastlegging in minerale gronden

De doelstellingen voor koolstofvastlegging in minerale gronden worden met de in deze studie gekozen maatregelen niet gerealiseerd. Van de landelijke doelstelling van 0,5 Mton CO₂ extra vastlegging, wordt 0,14 Mton CO₂ gerealiseerd in scenario S1 en 0,16 Mton CO₂ in scenario S2. Een belangrijke reden dat doelbereik niet in zicht komt, is de afschaffing van de derogatie, hetgeen volgens de uitgangspunten en berekeningen met het gebruikte model in deze studie leidt tot een lagere koolstofaanvoer uit bemesting. Volledig doelbereik voor koolstofvastlegging op nationaal en provinciaal niveau vraagt om aanvullende ingrijpende veranderingen in agrarische bedrijfsvoering en landgebruik. Koolstofvastlegging kan worden

vergroot door het verder verhogen van het aandeel rustgewassen (gewassen die veel organische stof achterlaten) in het bouwplan en het vergroten van het areaal blijvend grasland.

Effecten op de reductie van CO₂-emissies uit veengronden

Het doel van de reductie van CO₂-emissie uit veengronden met 1,0 Mton CO₂ wordt niet gehaald met de peilverhoging naar 40 cm onder maaiveld waar in deze studie van uit is gegaan. De berekende reductie bedraagt 0,63 Mton CO₂ per jaar. Op provincieniveau worden de doelstellingen voor CO₂-reductie uit veengronden eveneens niet behaald. Er loopt veel onderzoek naar de effecten van maatregelen op CO₂-emissie uit veengronden (zoals verschillende vormen van onderwaterdrainage), zodat de schatting van effecten van maatregelen op CO₂-emissie de komende jaren verbetert. Het nog verder verhogen van het grondwaterpeil in veen ten opzichte van de peilverhoging naar 40 cm onder maaiveld waar in deze studie van uit is gegaan (en/of toepassing van waterinfiltratiesystemen), geeft meer beperkingen voor landbouw en is hydrologisch gezien niet altijd goed mogelijk in verband met beschikbaarheid van water. Ook kunnen er bij een hogere grondwaterpeil condities ontstaan in perioden in het jaar waarin methaanvorming plaatsvindt.

Effecten op ammoniakemissie en stikstofdepositie

Met de maatregelen in beide scenario's neemt de ammoniakemissie af ten opzichte van de referentieraming 2030. Nationaal neemt de ammoniakemissie uit de landbouw af van 90,6 kton ammoniak in de referentieraming 2030 naar 63,7 kton NH₃ in het generieke scenario S1 en 59,7 kton NH₃ in het gebiedsgerichte scenario S2. De richtinggevende nationale doelstelling (39 kton NH₃) wordt in scenario S2 gehaald (2% hogere reductie dan de doelstelling), maar in scenario S1 niet (de emissies is ca. 9% te hoog). De provinciale doelstellingen worden in vrijwel alle provincies behaald, maar niet in provincies met veel akkerbouw zoals Zeeland en Flevoland. Er zijn geen maatregelen meegenomen in de pakketten in dit onderzoek die specifiek zijn gericht op reductie van ammoniakemissie uit de akkerbouw.

De auteurs hebben naast de richtinggevende landelijke reductiedoelstelling van 39 kton NH₃ uit het NPLG ook zelf een landelijk doel afgeleid. Daarbij is als uitgangspunt genomen dat iedere sector en het buitenland een evenredige bijdrage levert aan de reductiedoelstelling (ten opzichte van peiljaar 2020). Daarmee komt de landelijke doelstelling voor landbouw lager uit (36 kton NH₃). Deze doelstelling is regionaal verdeeld naar rato van de ammoniakemissie per provincie in 2020. Deze, door de auteurs, afgeleide landelijke en provinciale doelen worden met de twee maatregelpakketten behaald. Ook in de provincies met veel akkerbouw wordt het doel dan nagenoeg gehaald. Dit wordt veroorzaakt doordat de emissies naar rato van de huidige emissies zijn verdeeld en doordat in deze akkerbouwprovincies de ammoniakemissies in 2020 relatief laag waren ten opzichte van provincies met veehouderij.

In beide scenario's wordt de landelijke doelstelling gerealiseerd met betrekking tot de vermindering van de stikstofdepositie op 74% van het areaal natuur tot onder de kritische depositiewaarde in 2030. De reductie in stikstofdepositie is in scenario S2 gemiddeld hoger dan in scenario S1. Dit is het gevolg van minder vee door (i) extensivering in de overgangsgebieden, (ii) beëindiging van piekbelasters in de buurt van Natura 2000-gebieden en (iii) extensivering van het grondgebruik in de natuur- en overgangsgebieden. Ten gevolge van de maatregelen neemt het areaal onder de kritische depositiewaarde toe van 48% in de referentieraming 2030 tot 81% in het scenario S1 en tot 87% in het scenario S2.

Discussie en aanbevelingen

Blijf de doelen beschouwen op het niveau waarop de doelen zijn vastgesteld en van toepassing zijn. Verder is er weinig speelruimte voor het uitwisselen van regionale doelrealisatie tussen provincies.

Het eerste doel van deze studie was inzichtelijk maken hoe tot regionale doelen te komen voor landbouwemissies in termen van uit- en afspoeling nutriënten naar grond- en oppervlaktewater, broeikasgasemissies (koolstofdioxide, methaan en lachgas), koolstofvastlegging in de bodem en ammoniakemissies. De afzonderlijke doelen zijn in het beleid echter niet gekoppeld aan provincieniveau en is uitwisselen van regionale doelrealisatie tussen provincies beperkt:

- Het doel voor grondwater is overal gelijk in Nederland. De doelen oppervlaktewater zijn locatiespecifiek. Als deze doelen naar provincieniveau worden geaggregeerd, verdwijnt deze regionale differentiatie in doelen en kan doelbereik verkeerd geïnterpreteerd worden. Het doel lijkt bijvoorbeeld gemiddeld wel gehaald te worden, terwijl er waterlichamen zijn die het doel niet halen.

- De doelstellingen voor methaan en lachgas zijn landelijk vastgesteld; uitwisseling van doelrealisatie tussen provincies is dan mogelijk, maar in de scenario's gekozen in dit rapport worden de doelen voor methaan en lachgas maar net bereikt. De mogelijkheid tot uitwisseling van doelrealisatie is dan beperkt.
- De doelen voor koolstofvastlegging en CO₂-emissie uit veengronden zijn landelijk, maar worden in geen enkele provincie bereikt. Een andere verdeling van doelen tussen provincies zal niet leiden tot landelijk doelbereik. Hier zou wel uitwisseling met andere, niet-landbouwdoelen kunnen plaatsvinden – zoals koolstofvastlegging in bomen, bos en natuur – door deze een grotere opgave toe te delen (indien haalbaar).
- Bij de doelen voor ammoniakemissie en stikstofdepositie geldt in principe ook een landelijk doel, maar houdt rekening met regionale omstandigheden omdat de haalbaarheid van het doel sterk afhankelijk is van de ligging, aard en omvang van de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden in Nederland en de ligging van de veehouderijbedrijven, waar de maatregelen genomen worden.

Nadere inzichten zijn gewenst

Deze studie geeft inzicht in de wijze waarop de nationale doelen geregionaliseerd kunnen worden en of deze regionale doelen met een pakket aan maatregelen haalbaar zijn. Naast dit inzicht zijn er gedurende deze studie ook behoeften aan nadere inzichten naar voren gekomen:

- Inzicht in de effecten van de afzonderlijke maatregelen op de landbouwemissies voor ieder milieuthema en tevens inzicht in wat er gebeurt als een maatregel meer of minder effectief is en/of als de implementatiegraad van een maatregel lager is dan 100% (gevoeligheidsanalyse).
- Inzicht in onzekerheden. Dit is een eerste integrale verkenning van maatregelen uit stikstof-, klimaat- en waterkwaliteitsdossiers op regioniveau. Daarbij kan sprake zijn van verschillende soorten onzekerheden; in de data en modellen, bij de effectiviteit van (nieuwe) maatregelen, bij de toepassing in de praktijk en bij het integrale effect van het pakket aan maatregelen.
- Inzicht in de haalbaarheid en betaalbaarheid van de maatregelenpakketten. Inzicht in de kosten van de maatregelen voor de primaire landbouw en de agrifoodsector is onontbeerlijk als dit omvangrijke pakket aan maatregelen daadwerkelijk in de praktijk uitgevoerd moet worden. Daarbij is dan ook relevant om naar andere dan in deze studie uitgewerkte maatregelenpakketten te kijken en op kosteneffectiviteit te beoordelen. Wel belangrijk is daarbij om de kosteneffectiviteit integraal te beoordelen op alle opgaven, zowel op waterkwaliteit, stikstof als klimaat. Daarnaast bestaat haalbaarheid uit de vraag of een maatregel uit de studie in effectief beleid en regelgeving omgezet kan worden, met een mitigatie van neveneffecten.
- Inzicht in aanpak en schaalniveau gebiedsprocessen. Gebiedsprocessen om tot oplossingen te komen, vinden op een lager, lokaal schaalniveau plaats dan het provinciaal schaalniveau. Dit vergt inzicht in de doelen die passen bij dit gebiedsniveau en ook inzicht in welke effect (meer generieke) maatregelen hebben en aanvullend lokaal maatwerk vergt. Verder vraagt het ook inzicht wie verantwoordelijk zal zijn voor het beleidsmatig uitwerking en borging van de maatregelen. Zijn het maatregelen waar het Rijk voor verantwoordelijk is en vaak generiek is of is het provinciaal beleid? Ook inzicht in de kosten van de maatregelen zijn dan belangrijk.
- Inzicht in bedrijfs- en gebiedsspecifieke kennis. Deze studie geeft inzichten voor de verschillende regio's in doelen en doelbereik, maar er zitten beperkingen aan de mate van gedetailleerdheid van de modellen die in deze studie gebruikt zijn. Het is aan te bevelen om in de gebiedsprocessen, waar individuele bedrijven in betrokken zijn, met meer gebieds- en bedrijfsspecifieke informatie, modellen en kennis te werken dan in deze studie is gedaan. In de praktijk zal dit nader gespecificeerd moeten worden op basis van eigenschappen van het lokale water- en bodemsysteem en landgebruik en het draagvlak van de gebiedspartijen, welke (en op welke wijze) maatregelen genomen kunnen worden.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het landelijk gebied in Nederland kent een meervoudige problematiek van (i) te hoge stikstofdepositie op stikstofgevoelige natuurgebieden, (ii) te hoge uitstoot van broeikasgassen, (iii) tekortschietende waterkwaliteit, watertekorten én perioden van wateroverlast, (iv) biodiversiteitsverlies, (v) bodemdaling en (vi) verzilting (zie o.a. Nationale Omgevingsvisie en Nationaal Programma Landelijk gebied).¹ Deze problemen verschillen tussen regio's door ruimtelijke verschillen in bodem, hydrologie, landbouw, natuur en verstedelijking. Door deze problemen wordt niet voldaan aan verschillende internationaal verplichte beleidsdoelstellingen voor milieu en natuur. Het gaat hier met name om de EU-Vogel- en Habitatrichtlijnen, de EU-Kaderrichtlijn Water, de EU-Nitraatrichtlijn en het nationale Klimaatakkoord voortvloeiend uit het UN-FCC Parijs-akkoord.

De land- en tuinbouw (inclusief veehouderij) is de grootste grondgebruiker in het landelijk gebied. Ze draagt in sterke mate bij aan de hiervoor genoemde problemen, maar ondervinden in meer of mindere mate ook hinder van deze problemen (zoals tekort aan water, verzilting en slechte waterkwaliteit). De industrie, verkeer en mobiliteit, de huishoudens en de stedelijke omgeving dragen ook bij aan de hiervoor genoemde problemen en ondervinden hier deels ook hinder van.

In het coalitieakkoord 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst' 2021-2025² geeft het kabinet Rutte IV aan dat ze de komende jaren fors willen investeren in 'duurzame landbouw en robuuste natuur'. Om de natuur in Nederland in goede staat te brengen, de zogenoemde gunstige staat van instandhouding, kiezen de coalitiepartijen voor een gebiedsgerichte aanpak die rekening houdt met de verscheidenheid aan gebieden. Die aanpak richt zich niet alleen op stikstof, maar ook op de (Europese) normen en opgaven van de waterkwaliteit, bodem, klimaat en biodiversiteit.

In het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG), een beleidsprogramma onder de Nationale Omgevingsvisie van de ministeries van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Infrastructuur en Waterstaat en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, worden de gebiedsgerichte opgaven voor natuur, stikstof, landbouw, water, bodem en klimaat beschreven. De startnotitie NPLG is op 10 juni 2022 aangeboden aan de Tweede Kamer.³ Hierin wordt onder andere aandacht besteed aan de terugdringing van de stikstofuitstoot en de verbetering van de natuurkwaliteit. In het ontwikkeldocument NPLG⁴ dat op 25 november 2022 aan de Tweede Kamer is toegezonden, worden de doelen voor natuur, water en klimaat, de keuzes voor water en bodem sturend en de kaders voor de gebiedsprogramma's nader geconcretiseerd.

Het NPLG richt zich specifiek op de transitie in het landelijk gebied en het landgebruik, met de landbouw als grootste landgebruiker en waarbij het Rijk de maatregelen en doelen met betrekking tot landbouw en landgebruik in samenhang wil oppakken. De andere sectoren dienen via andere beleidssporen hun bijdrage te leveren aan de opgaven van waterkwaliteit, bodem, klimaat en biodiversiteit.

In de startnotitie NPLG en het ontwikkeldocument NPLG worden de concrete doelen voor natuur, water en klimaat benoemd en wordt er een aanzet gegeven voor de verdere uitwerking van deze doelen. Daarnaast wordt in de documenten een aanzet voor de 'structureerende keuzes'⁵ voor water en bodem, stikstof en landbouw uitgewerkt,

¹ <https://www.novistukken.nl/richting+geven+op+prioriteiten/toekomstbestendige+ontwikkeling/default.aspx>

² <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/01/10/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>

³ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/omgevingswet/documenten/rapporten/2022/06/10/startnotitie-nplg-10-juni-2022>

⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/11/25/ontwikkeldocument-nationaal-programma-landelijk-gebied>

⁵ De term 'structureerende keuzes' is na het verschijnen van het interdepartementaal beleidsonderzoek ruimtelijke ordening door het NPLG omarmd. In het ontwikkeldocument NPLG wordt de term als volgt beschreven: De structureerende keuzes bevatten ordenende principes, die richting geven aan de ruimtelijke inrichting. De keuzes gaan in op de wenselijkheid en onwenselijkheid van (nieuwe) activiteiten in het landelijk gebied. Daarmee beschrijft het NPLG de richting voor de ruimtelijke uitwerking van de gebiedsprogramma's door de provincies.

die richting geven aan de ruimtelijke samenhang bij de uitwerking van de doelen in regionale gebiedsprogramma's. Het is aan de provincies om de regionale gebiedsprogramma's op te stellen.

Het Rijk stelt een budget van ca. 25 miljard euro tot 2035 beschikbaar in een transitiefonds om maatregelen te nemen waarmee de eerdergenoemde internationale doelen gehaald zullen moeten worden. In bestuurlijke afspraken met provincies worden de voorwaarden vastgelegd waaronder dit rijksbudget wordt vrijgegeven.

Het programmteam van het NPLG heeft Wageningen Research gevraagd de ontwikkeling van het NPLG te ondersteunen door inzicht te bieden in 'mogelijke verdelingen van de provinciale reductiedoelen die randvoorwaardelijk zijn voor landbouw en in maatregelen voor de landbouw om deze doelen te kunnen realiseren'. Concreet gaat het om doelen en maatregelen die specifiek gerelateerd zijn aan emissies uit de landbouw, ervan uitgaande dat andere sectoren (incl. buitenland) eveneens een proportionele bijdrage leveren om de uiteindelijk doelen voor de natuur- en waterkwaliteit en klimaat te halen.

1.2 Onderzoekopdracht

Het programmteam NPLG heeft aan Wageningen Research het volgende gevraagd:

1. Op welke manier kunnen de regionale (milieu)doelen die randvoorwaardelijk zijn voor landbouw op een zodanige gebalanceerde manier worden gesteld dat, rekening houdend met de emissiereductiebijdragen vanuit andere sectoren, de internationale doelen van de Vogel- en Habitatrichtlijn, de Kaderrichtlijn Water/Nitraatrichtlijn en de klimaatdoelstellingen gehaald kunnen worden? Er is hierbij gevraagd om mogelijke opties uit te werken voor de twaalf provincies.
Het gaat om doelen met betrekking tot landbouwemissies in termen van ammoniakemissies, uit- en afspoeling nutriënten naar grond- en oppervlaktewater, broeikasgasemissies (koolstofdioxide, methaan en lachgas) en koolstofvastlegging in de bodem.
2. Daarnaast is gevraagd om indicatieve scenario's in de landbouw uit te werken waarmee aan deze regionale doelen integraal invulling kan worden gegeven.

Onderhavige studie heeft een verkennend karakter en is bedoeld om:

- Inzicht te geven aan beleidsdirecties van de ministeries voor het bepalen van de richtinggevendende regionale doelen die randvoorwaardelijk zijn voor de ontwikkeling van de landbouw; de opgave voor landbouw wordt hiermee op provinciaal niveau inzichtelijk gemaakt.
- Inzicht te geven hoe met het maatregelenpakket in de landbouwsenario's het doelbereik voor stikstof, waterkwaliteit en klimaat bereikt kan worden en met elkaar samenhangt. Inzichten die provincies en waterschappen kunnen gebruiken voor een verdere uitwerking van de regionale gebiedsprogramma's.

De studie is niet bedoeld om regionale doelen en een optimaal pakket aan maatregelen te bepalen. Tevens is deze niet bedoeld om beleidsmaatregelen te evalueren.

1.3 Onderzoeksproces

Voor de totstandkoming van dit rapport zijn de volgende stappen doorlopen:

- Nader uitwerken van uitgangspunten en afbakening van de onderzoeksvragen.
- Het ontwikkelen van een opzet en uitwerking van regionale doelen voor stikstof, waterkwaliteit en klimaat.
- Definiëren van twee indicatieve scenario's met maatregelen waarmee de landbouw naar verwachting zijn evenredige bijdragen aan de doelen kan halen en de daarbij horende uitgangspunten.
- Het doorrekenen van de effecten van twee scenario's.
- Het toetsen van de effecten van de twee scenario's aan de regionale doelen en duiding aangeven.
- Interpretatie van resultaten en rapportage.

Deze studie is uitgevoerd door een team van onderzoekers van Wageningen Research met expertise op het gebied van landbouw, stikstof, waterkwaliteit en klimaat. Ze werden daarbij begeleid door een commissie, bestaande uit vertegenwoordigers van de verschillende beleidsdirecties van de ministeries van LNV, BZK en

IenW. Tevens zaten er vertegenwoordigers van de provincies (IPO) en waterschappen (Unie van Waterschappen) in de begeleidingscommissie.

Tijdens bijeenkomsten met de begeleidingscommissie zijn de uitgewerkte uitgangspunten en de keuzes en dilemma's bediscussieerd. De keuze van regionale doelen is deels gebaseerd op hetgeen al formeel is vastgesteld en de beleidsdirecties hebben aangedragen en deels op inzichten van de auteurs van dit rapport. De keuze en uitwerking van de scenario's met maatregelen waren een verantwoordelijkheid van het WUR-projectteam. In hoofdstuk 3 wordt de inhoudelijke aanpak verder uitgewerkt.

1.4 Afbakening van de studie

Bij aanvang van de studie is het onderzoek als volgt afgebakend:

- De studie richt zich op de regionale doelen voor landbouw, betreffende stikstof (ammoniakemissie en stikstofdepositie), water (nitraat-, stikstof- en fosforconcentraties in grond- en oppervlaktewater) en klimaat (emissies van kooldioxide, lachgas en methaan, inclusief koolstofvastlegging). Emissies van gewasbeschermingsmiddelen naar grond- en oppervlaktewater zijn niet meegenomen in deze studie. Verder richt de studie zich op alle sectoren in de landbouw, zowel veehouderij als plantaardige teelten, met uitzondering van de glastuinbouw. De glastuinbouw is buiten beschouwing gelaten, omdat deze geen onderdeel uitmaakt van de integrale aanpak in het landelijk gebied van het NPLG.
- In de uitwerking van de regionale doelen is aangenomen dat niet-landbouwsectoren en het buitenland een evenredige bijdrage moeten leveren aan het realiseren van de (inter)nationale doelen. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan natuurverbeteringsmaatregelen, koolstofvastlegging in natuur- en bosgebieden, het verminderen van de stikstofbelasting vanuit het buitenland of het verminderen van de CO₂- en NO_x-emissies uit industrie en verkeer. Deze sectoren vallen buiten de scope van het NPLG.
- Met behulp van modellen en gegevens over de landbouw en het agrarisch landgebruik in Nederland zijn de effecten op emissies naar het milieu en de belasting van natuur en water vanuit de landbouw berekend. Doel van de modelberekeningen is om te verkennen of provincies in de indicatieve scenario's de gestelde regionale doelen integraal kunnen halen. De scenario's zijn door het onderzoeksteam opgesteld, waarbij de verwachting is dat integraal doelbereik mogelijk zou moeten zijn.
- Het gaat in deze studie niet om het bepalen van het meest optimale pakket aan maatregelen qua doelbereik of kosteneffectiviteit. Met de haalbaarheid en kosteneffectiviteit van de maatregelen is geen rekening gehouden. De effecten van de scenario's (en de maatregelen) op de bedrijfsvoering en kosten van de bedrijven zijn dus geen onderwerp van studie geweest.
- In deze studie wordt geen beleidsmatige vertaling gemaakt van hoe de maatregelen daadwerkelijk op de bedrijven geïmplementeerd gaan worden. Verondersteld wordt dat maatregelen volledig geïmplementeerd worden op alle bedrijven waar een maatregel op van toepassing is. Of dat realistisch is en welke beleidsaanpak hiervoor nodig is, is geen onderdeel van deze studie.

Het vaststellen van de uitgangspunten voor de berekeningen is uitgevoerd in de periode mei-juni 2022. Daardoor zijn enkele recente wijzigingen in het beleid, zoals de derogatiebeschikking met enkele ingrijpende maatregelen⁶, niet volledig meegenomen in de berekeningen.

1.5 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd:

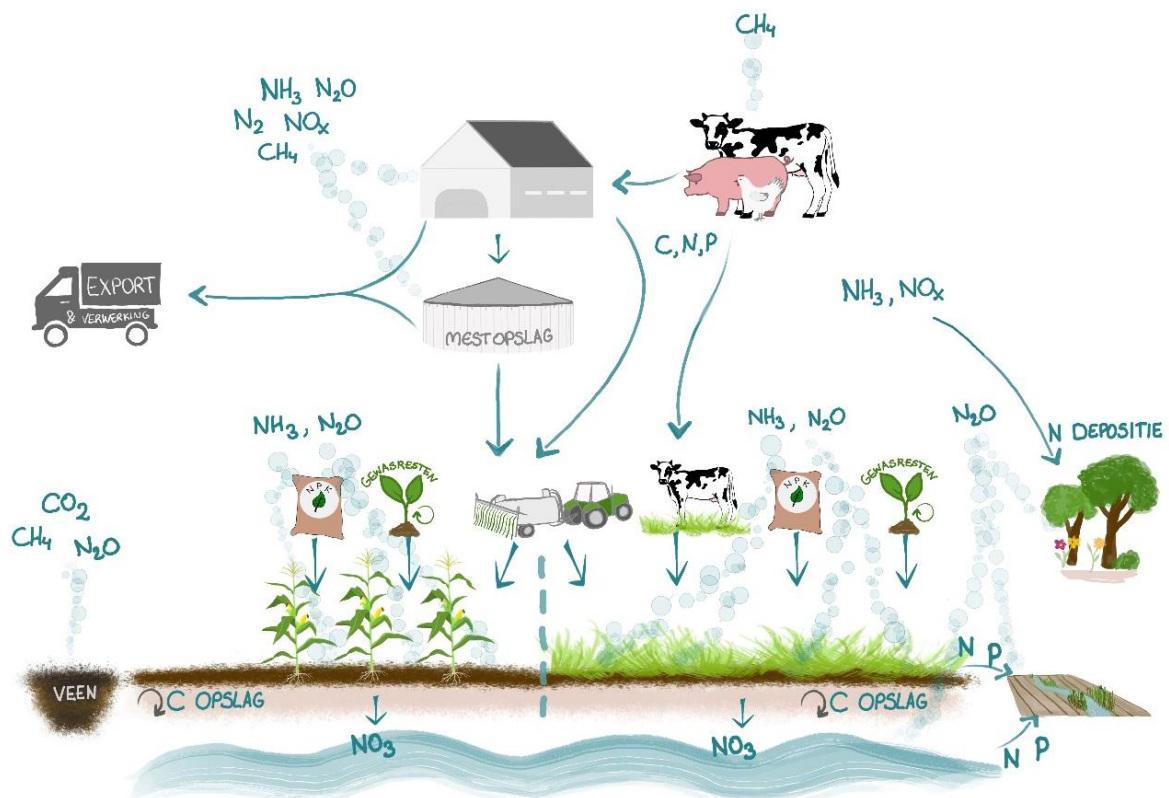
- In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de emissies uit de landbouw. Het hoofdstuk is bedoeld om de lezer achtergrondinformatie te geven over de emissies en over de onderlinge relaties tussen deze emissies.
- Hoofdstuk 3 beschrijft de aanpak van de studie. Hierin wordt beschreven hoe de mogelijke verdelingen van de regionale doelen zijn afgeleid, op welke manier de effecten van maatregelen zijn berekend en hoe het doelbereik hiervan is bepaald.

⁶ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2022-30615.html>

-
- In hoofdstuk 4 worden de regionale doelen behandeld. Voor ieder doel worden een of meerdere mogelijkheden voor regionaliseren weergegeven en worden de regionale doelen vergeleken met de huidige situatie. Daarmee wordt duidelijk wat de emissiereductieopgave is.
 - In hoofdstuk 5 wordt een beschrijving gegeven van het basis- en referentiejaar en de twee scenario's met landbouwmaatregelen.
 - Hoofdstuk 6 gaat in op het doelbereik van de twee scenario's. De effecten van de maatregelen worden vergeleken met de regionale doelen.
 - Ten slotte wordt in hoofdstuk 7 een synthese gegeven met de belangrijkste conclusies, discussiepunten en aanbevelingen.

2 Emissies uit de landbouw

In dit hoofdstuk wordt een korte beschrijving gegeven van de verschillende emissies uit de landbouw naar het milieu (Figuur 2.1). Dierlijke mest en kunstmest zijn de belangrijkste aanvoerposten van stikstof (N) en fosfaat (P_2O_5)⁷ in de landbouw, terwijl fotosynthese de belangrijkste aanvoerroute is van koolstof (C) in de landbouw. De oogst van gewassen en dierlijke producten vormt gemiddeld genomen de grootste afvoerstroam van koolstof, stikstof en fosfaat uit de landbouw (niet weergegeven in Figuur 2.1). Uitspoeling van stikstof en fosfor (P) naar grondwater en oppervlaktewateren en gasvormige emissies van methaan (CH_4), kooldioxide (CO_2), ammoniak (NH_3) en lachgas (N_2O) vormen de grootste verliesposten naar het milieu. In de volgende paragrafen worden deze nader toegelicht.



Figuur 2.1 Stikstof-, fosfor- en koolstofstromen en emissies in de landbouw. Ammoniakemissie en -depositie (visualisatie: Lotte Veenemans, WUR).

2.1 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor

2.1.1 Nitraatuitspoeling naar het grondwater

Nitraatuitspoeling naar het grondwater treedt met name op in perioden met een neerslagoverschot (herfst tot eind winter). Nitraat dat na de oogst nog in de bodem aanwezig is (of vrijkomt uit bijvoorbeeld gewasresten), is gevoelig voor uitspoeling. Tussen grondsoorten bestaan grote verschillen in het risico op nitraatuitspoeling. De hoogste nitraatuitspoeling treedt op in zandgronden met een diepe grondwaterstand

⁷ Fosfor = P en fosfaat = P_2O_5 . Normen voor waterkwaliteit worden meestal uitgedrukt als fosfor, terwijl bemesting en gebruiksnormen in fosfaat worden uitgedrukt.

en in lössgronden. In natte zandgronden en in klei- en veengronden treedt afbraak van nitraat op door het proces van denitrificatie, het microbiologische proces waarbij nitraat onder zuurstofloze omstandigheden wordt afgebroken tot stikstofgas (N₂), lachgas (N₂O) en stikstofdioxide (NO_x). De nitraatconcentratie in het grondwater in deze gronden is daardoor veel lager dan die in droge zandgronden en lössgronden. De nitraatuitspoeling onder grasland is veel geringer dan onder bouwland. Dit wordt veroorzaakt doordat grasland over een veel langere periode stikstof opneemt dan akkerbouwgewassen en omdat de denitrificatiecapaciteit in grasland hoger is dan in bouwland. De denitrificatiecapaciteit wordt namelijk ook bepaald door de aanwezigheid van organische stof in de bodem; de productie van gemakkelijk afbreekbare gewasresiduen is veel groter in grasland dan in bouwland.

Nitraatuitspoeling kan worden beperkt door maatregelen die leiden tot een lager stikstofoverschot op het perceel (het verschil tussen de aanvoer van stikstof via bemesting en de afvoer via geoogst gewas), zoals efficiëntere bemesting. De teelt van een vanggewas kan ook tot minder nitraatuitspoeling leiden.

2.1.2 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater

Belasting van oppervlaktewater met stikstof en fosfaat treedt vooral op in klei- en veengronden en in natte zandgronden. In droge zandgebieden en het lössgebied zijn per vierkante kilometer minder sloten aanwezig dan in gebieden met klei- en veengronden en natte zandgronden. Er zijn verschillende transportroutes van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater. Oppervlakkige afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater treedt op onder (extreem) natte perioden. In de winter zijn natte situaties veelal een gevolg van ondiepe grondwaterstanden en in de zomer kan bij hevige regenbuien de infiltratiecapaciteit te klein zijn, waardoor water over het maaiveld afstroomt naar greppels en sloten. In gedraineerde gronden kan stikstof en fosfor ondergronds via drains naar het oppervlaktewater worden getransporteerd. Daarnaast kan er ondergronds stikstof en fosfor via het ondiepe grondwater naar het oppervlaktewater worden getransporteerd. Net zoals bij nitraatuitspoeling, kan het verminderen van het stikstofoverschot leiden tot een geringere stikstofbelasting van het oppervlaktewater. Op percelen met een hoge fosfaattoestand is het risico op fosfaatuitspoeling en -afspoeling relatief hoog. Vanwege de grote voorraad fosfaat in veel landbouwgronden is het effect van minder fosfaatbemesting op fosforuitspoeling pas op langere termijn (tientallen jaren) zichtbaar.

Door de aanleg van onbemeste bufferstroken langs oppervlaktewater kunnen de oppervlakkige afspoeling en de belasting van oppervlaktewater door stikstof- en fosfortransport door de bodem worden beperkt.

2.2 Broeikasgasemissies

2.2.1 Methaanemissie

Methaan (CH₄) wordt onder zuurstofloze omstandigheden gevormd uit organische stof. Methaanvorming is een microbiologisch proces. Belangrijke bronnen van methaan in de landbouw zijn pensfermentatie (met name bij koeien), opslagen van mest en natte veengronden. De aanwezigheid van zuurstof remt methaanvorming in landbouwgronden, ook in ontwaterde veengronden.

Minder vee leidt tot minder methaanemissie, omdat emissie uit pensfermentatie afneemt en er minder mest wordt geproduceerd. Daarnaast kan methaanemissie uit pensfermentatie worden verminderd door rantsoenaanpassingen (minder structuurrijk ruwvoer) en door het toevoegen van voeradditieven die de methaanvorming remmen en op langere termijn door de fokkerij (door het selecteren op koeien met een lagere methaanemissie). De methaanemissie uit mestopslagen kan worden beperkt door (een combinatie van) technische maatregelen, zoals het beluchten, vergisten, aanzuren, frequente verwijdering en/of koelen van mest. In het veenweidegebied kan het verhogen van het waterpeil tot een grondwaterstand van minder dan 20 cm onder het maaiveld leiden tot een toename van de emissie van methaan.

2.2.2 Lachgasemissie

Lachgas (N_2O) wordt gevormd onder zuurstofarme omstandigheden tijdens de microbiologische processen nitrificatie en denitrificatie. Bemeste landbouwgronden zijn de grootste bron van lachgas. Beweiding van grasland leidt tot een toename van de emissie van lachgas. De lachgasemissie uit ontwaterde veengronden is groter dan uit minerale gronden, omdat de veengronden natter zijn en dus zuurstofarmer.

Lachgasemissie kan worden gereduceerd door minder stikstofbemesting, minder beweiding, aanpassing van het type (kunst)mest en door minder stikstofbemesting toe te passen onder natte omstandigheden. Vernatting van het veenweidegebied kan leiden tot minder veenafbraak en daardoor tot minder stikstofmineralisatie en lachgasemissie uit het veen. Indien er wordt bemest en beweid, kan vernatting tot meer lachgasemissie uit de toegediende stikstof leiden. De opslag van drijfmest is een beperkte bron van lachgas; bij de opslag van vaste mest komt er meer lachgas vrij.

Tijdens denitrificatie treedt niet alleen emissie van lachgas op, maar ook van stikstofoxide (NO_x) en luchtstikstof (N_2). De uitstoot van stikstofoxide uit de landbouw is klein ten opzichte van die uit industriële bronnen. Luchtstikstof is inert en heeft geen nadelige effecten op het milieu. Verliezen aan luchtstikstof betekenen wel een lagere stikstofbenutting in de landbouw (dit geldt ook voor de andere gasvormige stikstofverliezen: ammoniak, lachgas en stikstofoxide).

In de Emissieregistratie⁸ wordt ook de zogenaamde indirecte lachgasemissie gerapporteerd (ongeveer 15% van de totale lachgasemissie uit de landbouw), naast de hierboven beschreven directe lachgasemissie. Indirecte lachgasemissie is de lachgasemissie die wordt veroorzaakt door de stikstof uit stikstofdepositie en nitraatuitspoeling (dus door de stikstof die eerder is verloren gegaan). Maatregelen die leiden tot minder ammoniakemissie en nitraatuitspoeling leiden dus tot een lagere indirecte lachgasemissie.

2.2.3 Koolstofvastlegging in minerale gronden

De hoeveelheid koolstof (organische stof) in de bodem wordt bepaald door het verschil van de koolstofaanvoer via bemesting en gewasresten naar de bodem en de koolstofafvoer via de afbraak van organische stof in de bodem. In permanent grasland wordt veel koolstof opgeslagen. Het vergroten van het areaal permanent grasland leidt dan ook tot meer koolstofvastlegging. Tussen akkerbouwgewassen zitten grote verschillen in hoeveelheid en afbreekbaarheid van gewasresten. Veranderingen in het bouwplan naar gewassen die meer organische stof in de bodem achterlaten, zoals granen, kunnen tot meer koolstofvastlegging leiden. Ook de teelt van vanggewassen en groenbemesters en het gebruik van compost leiden tot extra aanvoer van organische stof naar de bodem.

2.2.4 CO_2 -emissie uit veengronden

Door ontwatering van veengronden wordt veen onder invloed van zuurstof afgebroken. Dit leidt tot emissie van CO_2 naar de atmosfeer. Veengronden zijn in Nederland een grote bron van CO_2 . De hoogte van CO_2 -emissie uit veen is afhankelijk van de veensoort en van de mate van ontwatering. Veengronden in Friesland zijn sterker ontwaterd dan die in Utrecht en Zuid-Holland. Het vernatten van veengronden door een hoger grondwaterpeil of onderwaterdrainage, ook wel waterinfiltratie genoemd, leidt tot minder veenafbraak en CO_2 -emissie. Het vernatten van veen kan mogelijk ook tot veranderingen in lachgas- en methaanemissies leiden, afhankelijk van de mate en wijze van vernatten.

2.3 Ammoniakemissie en stikstofdepositie

Ammoniak (NH_3) wordt onder basische omstandigheden (lage zuurgraad; hoge pH) gevormd uit ammonium (NH_4^+). Ureum, de belangrijkste component in urine, wordt onder invloed van het enzym urease omgezet in ammonium en bicarbonaat, waardoor de zuurgraad van de urine afneemt en het risico op ammoniakemissie toeneemt. Het enzym urease zit onder andere in feces. Urine komt samen met feces terecht in drijfmest,

⁸ <https://www.emissieregistratie.nl/>

waardoor het risico op ammoniakemissie uit drijfmest hoog is. Stallen, mestopslagen en mesttoediening zijn bronnen van ammoniakemissie in de landbouw. Bodems bevatten ook het enzym urease, waardoor bij beweiding en bij bemesting met ureumhoudende kunstmest eveneens emissie van ammoniak optreedt. De ammoniakemissie uit beweiding is lager dan die uit toegediende drijfmest, omdat urine in de bodem trekt waardoor de vorming van ammoniak wordt beperkt. Toediening van kunstmest en compost en gewasresten zijn andere bronnen van ammoniakemissie uit de bodem, met name bij toepassing op kalkrijke gronden. De emissie uit deze bronnen is veel kleiner dan die uit dierlijke mest, vooral ook omdat ureumhoudende kunstmest weinig wordt gebruikt in Nederland.

Ammoniakemissie kan worden beperkt door vermindering van de input van stikstof (minder vee, minder eiwit in het voer en/of minder kunstmest, minder ureumhoudende kunstmest) en door emissiebeperkende maatregelen. Deze zijn erop gericht om (i) het contactoppervlak van mest met de atmosfeer te beperken (bijvoorbeeld in emissiearme stallen en via emissiearme mesttoediening), (ii) de vervluchtigde ammoniak op te vangen (bijvoorbeeld via luchtwassers) en/of (iii) de zuurgraad van mest te verhogen (bijvoorbeeld het aanzuren van mest).

In de atmosfeer wordt ammoniak door wind en turbulentie getransporteerd en komt uiteindelijk, samen met stikstofoxiden uit verkeer en industrie, als droge en natte stikstofdepositie op bodems en vegetatie terecht. Een deel van de stikstofdepositie komt op natuur terecht en kan daar leiden tot een overmaat aan stikstof en bodemverzuring, hetgeen uiteindelijk leidt tot een afname van de biodiversiteit.

2.4 Interactie tussen de beschouwde emissies

De hiervoor beschreven emissies zijn vaak aan elkaar gerelateerd. Bij het nemen van maatregelen om emissies te reduceren, zijn er zogenaamde 'meekoppelkansen' (d.w.z. synergistische effecten), maar ook risico's op afwenteling (d.w.z. antagonistische effecten). Deze interacties verschillen per maatregel. Het totale maatregelenpakket bepaalt uiteindelijk het cumulatieve effect. In Velthof et al. (2021) wordt een kwalitatief overzicht gegeven van de interacties tussen de verschillende maatregelen om emissies te reduceren.

Voorbeelden van 'meekoppelkansen' bij emissies zijn:

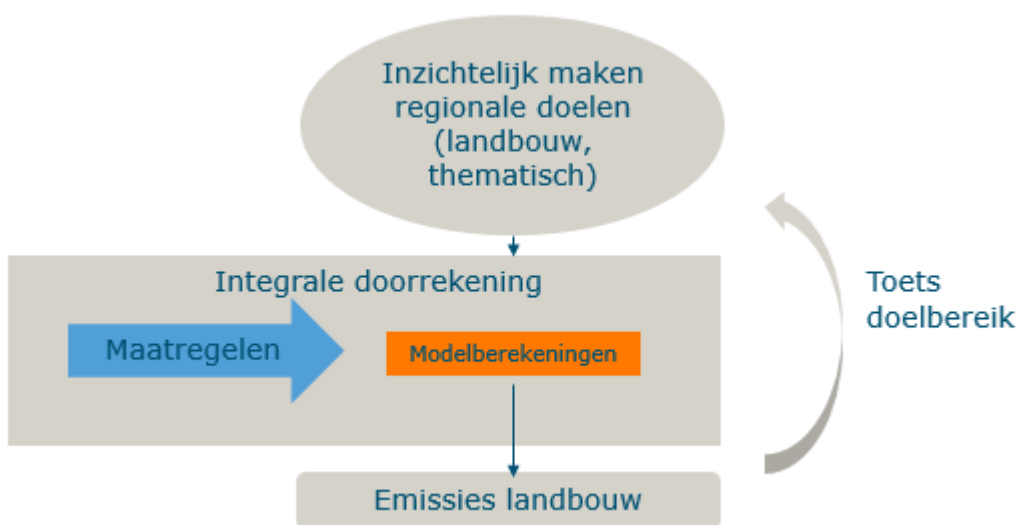
- Minder vee leidt tot lagere emissies van ammoniak, lachgas en methaan.
- Meer snijmaïs in het rantsoen in plaats van gras leidt tot minder ammoniak- en methaanemissies.
- Meer grasland in plaats van bouwland leidt tot minder nitraatuitspoeling en meer koolstofvastlegging, maar tot meer gras in het rantsoen en daardoor mogelijk meer ammoniakemissie (i.e. een antagonistisch effect).
- Meer rustgewassen in het bouwplan, zoals granen, leiden tot minder nitraatuitspoeling en meer koolstofvastlegging.
- Landbouwgrond omzetten in onbemeste bufferstroken bij oppervlaktewater leidt tot minder stikstof- en fosforafspoeling, minder ammoniakemissie en mogelijkheden voor natuurontwikkeling.

Voorbeelden van mogelijke afwentelingen zijn:

- Minder gras in het rantsoen om ammoniak- en methaanemissies te verlagen, leidt tot een hoger risico op nitraatuitspoeling en minder koolstofvastlegging in de bodem als hierdoor het landgebruik naar minder grasland en meer bouwland verandert.
- Vernatting van veengronden om CO₂-emissie te beperken, kan tot het vrijkomen van fosfor leiden, waardoor het risico op fosforuitspoeling toeneemt.
- Emissiearme stallen kunnen tot meer ammoniakale stikstof in de mest leiden (de stikstof die gevoelig is voor vervluchtiging), waardoor het risico op ammoniak- en lachgasemissie na toediening van mest op landbouwgronden kan toenemen.
- Emissiearme mesttoediening om ammoniakemissie te beperken, kan tot een hogere lachgasemissie leiden.
- Meer beweiding leidt tot minder ammoniakemissie, maar tot meer nitraatuitspoeling en lachgasemissies.

3 Aanpak op hoofdlijnen

Deze studie bestaat uit drie onderdelen, waarvan de samenhang in Figuur 3.1 staat weergegeven. Als eerste wordt ingegaan op het afleiden van mogelijke regionale emissiedoelen voor stikstof, waterkwaliteit en klimaat. Vervolgens worden scenario's met maatregelen opgesteld, waarvan de auteurs van dit rapport veronderstellen dat hiermee de regionale doelen haalbaar zijn. De effecten van deze scenario's worden vervolgens berekend met modellen. Dat wil zeggen dat het effect van het totale scenario op uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat, broeikasgasemissies en ammoniakemissies en stikstofdepositie is berekend, daarbij rekening houdend met de onderlinge relaties tussen de maatregelen die in het scenario zijn opgenomen. Ten slotte worden de resulterende emissies of emissiereducties vergeleken met de regionale doelen. Deze vergelijking geeft inzicht in de mate van doelbereik van de scenario's.



Figuur 3.1 Schematische weergave van de aanpak van de studie op hoofdlijnen.

De verschillende stappen worden in de volgende paragrafen nader toegelicht.

3.1 Stap 1: Afleiden van mogelijke regionale doelen

Stap 1 begint met het benoemen (definiëren) van de landelijke doelen voor landbouw op basis van de Kaderrichtlijn Water (KRW), de Nitraatrichtlijn (NRL), het Klimaatakkoord, de Wet stikstofreductie en natuurverbetering (Wsn). Daarbij zijn ook de aanscherpingen van de doelen zoals deze door het kabinet Rutte IV in het coalitieakkoord 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst' zijn vastgelegd, meegenomen. De nationale doelen (en deels de) provinciale richtinggevende doelen zijn in de startnotitie NPLG en het ontwikkeldocument NPLG benoemd.

De (milieu)doelen die randvoorwaardelijk zijn voor landbouw zijn vervolgens in deze studie geregionaliseerd naar provincieniveau. Dit is gedaan op basis van:

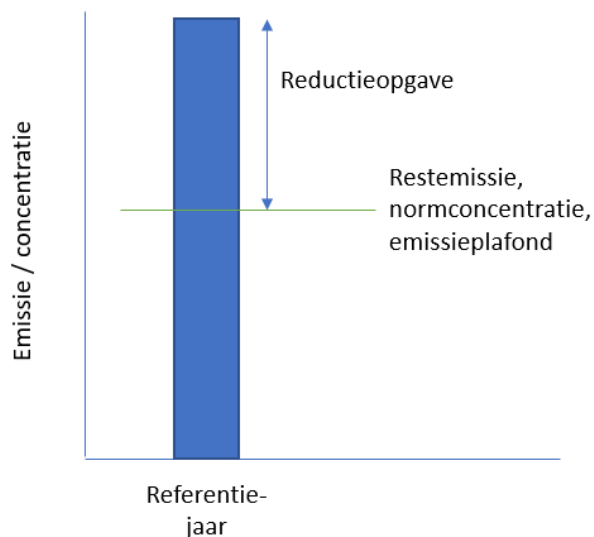
- Reeds gemaakte afspraken (bv. in het kader van de veenweidestrategie, normen voor waterlichamen).
- Beoogde afspraken (bv. verdeling provinciale doelen stikstof, zoals weergegeven in de startnotitie NPLG).
- Zelf bepaald: de landelijk opgave naar rato van huidige emissies of potentie per provincie verdelen (bijvoorbeeld bij methaan en lachgas).

In deze studie worden de regionale doelen als 'mogelijke doelen' weergegeven, want het zijn de verantwoordelijke overheden die de regionale doelen nader uitwerken en het is de politiek die hierover uiteindelijk beslist en de regionale doelen vaststelt.

Bij het definiëren van de 'mogelijke doelen' maken is onderscheid gemaakt in restemissies⁹ en opgaven (zie Figuur 3.2):

- Restemissies, emissieplafonds of normconcentraties zijn de maximaal acceptabele emissies of concentraties die nog mogelijk zijn onder de randvoorwaarde van doelbereik 2030. Ze worden uitgedrukt in absolute waarden waarboven men niet mag komen.
- Opgaven zijn de 'reducties in emissies' die moeten plaatsvinden tussen de situatie in een referentiejaar (bijvoorbeeld 2020) en die in het jaar 2030 om te voldoen aan de mogelijke doelen (i.e., restemissie). Bij evaluaties van waterdoelstellingen wordt de opgave ook wel doelgat (de afstand tot de norm) genoemd. Indien de emissie in het referentiejaar lager is dan de restemissie voor 2030 is er geen opgave. Opgaven kunnen als absoluut en relatief verschil ten opzichte van het referentiejaar worden weergegeven.

Bijna alle doelen zijn op deze manier weer te geven. De koolstofdoelen voor minerale gronden en veengronden zijn echter een uitzondering. Daar zijn de doelen enkel geformuleerd als een opgave in termen van de hoeveelheid extra koolstofvastlegging in minerale gronden en in termen van de reductie van CO₂ uit de veenbodems.



Figuur 3.2 Schematische weergave (reductie)opgave en restemissie.

Tabel 3.1 laat voor ieder nationaal doel zien op welke wijze de doelen (restemissies en opgaven) in dit rapport geregionaliseerd zijn. In hoofdstuk 4 worden de regionale doelen uitgewerkt.

⁹ De term restemissie wordt in het ontwikkeldocument NPLG gebruikt in de klimaatopgave voor landbouw en landgebruik. Vergelijkbare termen die in andere opgaven gehanteerd worden, zijn emissieplafond/emissieruimte en normconcentratie.

Tabel 3.1 Overzicht werkwijze afleiden van regionale doelen voor de landbouw.

Nationale doelen	Methode van regionalisatie van doelen	Type doel per provincie
Kaderrichtlijn Water/Nitraatrichtlijn		
Nitraatconcentratie in het bovenste grondwater	Per provincie geldt de EU-norm (Nitraatrichtlijn) van gemiddeld 50 mg nitraat/L.*	Normconcentratie en reductieopgave
Stikstof- en fosforbelasting van oppervlaktewater	Per waterlichaam (onderscheiden oppervlaktewateren, zoals sloten, kanalen, rivieren, beken en meren) wordt, gegeven de KRW-normen, de reductieopgave voor stikstof- en fosforbelasting uit de landbouw bepaald, uitgaande van een evenredige reductieopgave van de veroorzakende bronnen. De voor landbouw afgeleide reductieopgave per waterlichaam wordt geaggregeerd naar een reductieopgave per provincie.	Reductieopgave
Klimaat- en coalitieakkoord		
Methaan- en lachgasemissie	Landelijke NPLG-opgave van 5 Mton CO ₂ -eq. reductie ¹⁰ t.o.v. 2030 uit de KEV2021 en indicatief restemissiedoel van 18,9 Mton CO ₂ - eq. in 2030 wordt naar rato van huidige emissies (2020) verdeeld over provincies (verdeelsleutel 1). Landelijke NPLG-opgave van 5 Mton CO ₂ -eq. reductie t.o.v. 2030 uit de KEV2021 en indicatief restemissiedoel van 18,9 Mton CO ₂ - eq. wordt naar rato van de stikstofreductieopgave volgens de startnotitie NPLG verdeeld over provincies (verdeelsleutel 2).	Restemissie en reductieopgave Restemissie en reductieopgave
CO ₂ -opslag in minerale bodems	Landelijke opgave uit het Klimaatakkoord (0,5 Mton CO ₂ in 2030) wordt naar rato van potentie voor koolstofvastlegging volgens Lesschen et al. (2021) verdeeld over provincies.	Uitbreidingsopgave
Tegengaan CO ₂ -emissie Veenweiden	Procentuele verdeling van landelijke opgave (1 Mton CO ₂ in 2030) naar provincies met prioritaire veengebieden op aangeven van het Ministerie van LNV.	Reductieopgave
Vogel- en Habitatrichtlijn		
Ammoniakemissie	Provinciale verdeling van de richtinggevende reductieopgave van 39 kton NH ₃ volgens startnotitie NPLG. De landelijke reductieopgave voor landbouw is afgeleid van het doel om 74% van het stikstofgevoelige areaal onder de kritische depositiewaarden te halen, waarbij de auteurs van dit rapport hebben aangenomen dat alle sectoren (incl. buitenland) een evenredige reductie in stikstofdepositie realiseren. Deze landelijke reductie wordt naar rato van de huidige ammoniakemissie verdeeld over provincies.	Restemissie en reductieopgave

* Voor het ruimtelijke schaalniveau waarop het doel van 50 milligram per liter in het grondwater geldt, zijn geen bindende afspraken bekend.

3.2 Stap 2: Integraal doorrekenen van twee scenario's voor de landbouw in 2030

In stap 2 zijn twee scenario's met maatregelenpakketten voor de landbouw doorgerekend en worden daarmee de milieueffecten van deze scenario's voor de thema's stikstof, waterkwaliteit en klimaat in beeld gebracht. Omdat de doelen zijn bepaald voor 2030 en autonome ontwikkelingen (inclusief het huidige beleid) ook invloed hebben op de te bereiken doelen in 2030, wordt tevens rekening gehouden met autonome ontwikkelingen. Er is daarom onderscheid gemaakt in de autonoom veronderstelde veranderingen tot 2030 (referentieraming 2030) en de effecten van de twee scenario's ten opzichte van de referentieraming 2030.

De referentieraming 2030 (RR) is gebaseerd op de jaarlijkse Klimaat- en Energieverkenning (KEV).¹¹ Bij de start van de berekening voor deze studie was de KEV2021 (Vonk et al., 2021) de meest recente beschikbare verkenning. In de KEV2021 is uitgegaan van de meest waarschijnlijke ontwikkelingen in de landbouw bij gematigde economische en demografische ontwikkelingen. Voor de raming van het aantal

¹⁰ De emissies zijn omgerekend naar CO₂-equivalenten volgens het 5^e IPCC Assessment report waarin methaan een Global Warming Potential (GWP) van 28 en lachgas een GWP van 265 heeft (IPCC, 2014); dit is in lijn met de berekeningswijze in de KEV2021.

¹¹ Voorgescreven door de Klimaatwet en geldt als een van de verantwoordingsinstrumenten van het Nederlandse klimaat- en energiebeleid. Zie <https://www.pbl.nl/kev>

landbouwhuisdieren, het areaal gewassen, de bemesting en andere kengetallen voor 2030 is gebruikgemaakt van de gegevens van de Referentieraming 2030 (zie verder toelichting Bijlage 3).

Er zijn twee scenario's met maatregelenpakketten doorgerekend en de effecten van de emissies in deze scenario's ten opzichte van het basisjaar 2020 en de referentieraming 2030 zijn gekwantificeerd. De scenario's zijn voor heel Nederland doorgerekend. Er is dus niet voor iedere provincie afzonderlijk een eigen pakket doorgerekend. Uiteraard wordt in de doorrekening wel rekening gehouden met de huidige provinciale verschillen in landgebruik en landbouw. Verondersteld wordt dat deze huidige ruimtelijke configuratie blijft bestaan. Er wordt geen rekening gehouden met mogelijke toekomstige transitie naar een compleet ander landbouwsysteem, bijvoorbeeld voedselbossen, agrobosbouw, grootschalige productie van kweekvlees of melk zonder koeien. Er is ook geen rekening gehouden met de mogelijke effecten van maatregelen op het bodem- en watersysteem, zoals veranderingen in wateraanvoer en -afvoer, kwel en infiltratie. In de doorrekeningen is het huidige bodem- en watersysteem een statisch gegeven. Tot slot wordt verondersteld dat de maatregelen op alle bedrijven in 2030 volledig zijn toegepast en dat ze effectief werken.

In scenario 1 (S1) is het pakket aan maatregelen generiek in Nederland geïmplementeerd. In scenario 2 (S2) is het merendeel van de maatregelen uit scenario S1 eveneens generiek geïmplementeerd en worden enkele maatregelen uit het pakket meer gebiedsgedifferentieerd geïmplementeerd, rekening houdend met de zogenoemde 'structureerende' keuzes¹² zoals deze in de startnotitie NPLG zijn benoemd. De 'structureerende keuzes' gaan ervan uit dat het bodem- en watersysteem sturend zijn voor de ruimtelijke planvorming en maatregelen. Dit resulteert in gebieden die geschikt zijn voor reguliere landbouw en in gebieden waar landbouwextensivering of verplaatsing van landbouw voor de hand ligt. Concreet worden in de startnotitie NPLG de natuurgebieden en overgangszones, de veenweidegebieden en de beekdalen op de hoge zandgronden genoemd als gebieden waar extensivering van de landbouw nodig is. Verzilte gebieden worden niet meegenomen in deze studie.

De maatregelenpakketten zijn door de auteurs van dit rapport op basis van literatuurkennis en inschatting door experts samengesteld. Het zijn maatregelen die in diverse studies in de afgelopen jaren zijn bestudeerd (Groenestein et al., 2019; Groenendijk, 2021; Lesschen et al., 2021; Van Boekel et al., 2021; De Vries et al., 2023). Veel van deze studies waren gericht op een van de doelen in plaats van op alle doelen. In hoofdstuk 5 worden de maatregelen beschreven die in de twee scenario's zijn opgenomen en wordt de keuze voor deze maatregelen in de pakketten toegelicht. Het betreft een scenariostudie. Rijk en provincies bepalen de maatregelen die in de praktijk toegepast zullen worden en kunnen ook kiezen voor andere maatregelen.

De twee scenario's zijn vervolgens doorgerekend met inzet van verschillende modellen en data en de effecten zijn in termen van de milieuemissies en/of -belasting inzichtelijk gemaakt. De samenhang van deze modellen staat weergegeven in Figuur 3.3.

De volgende modellen zijn gebruikt:

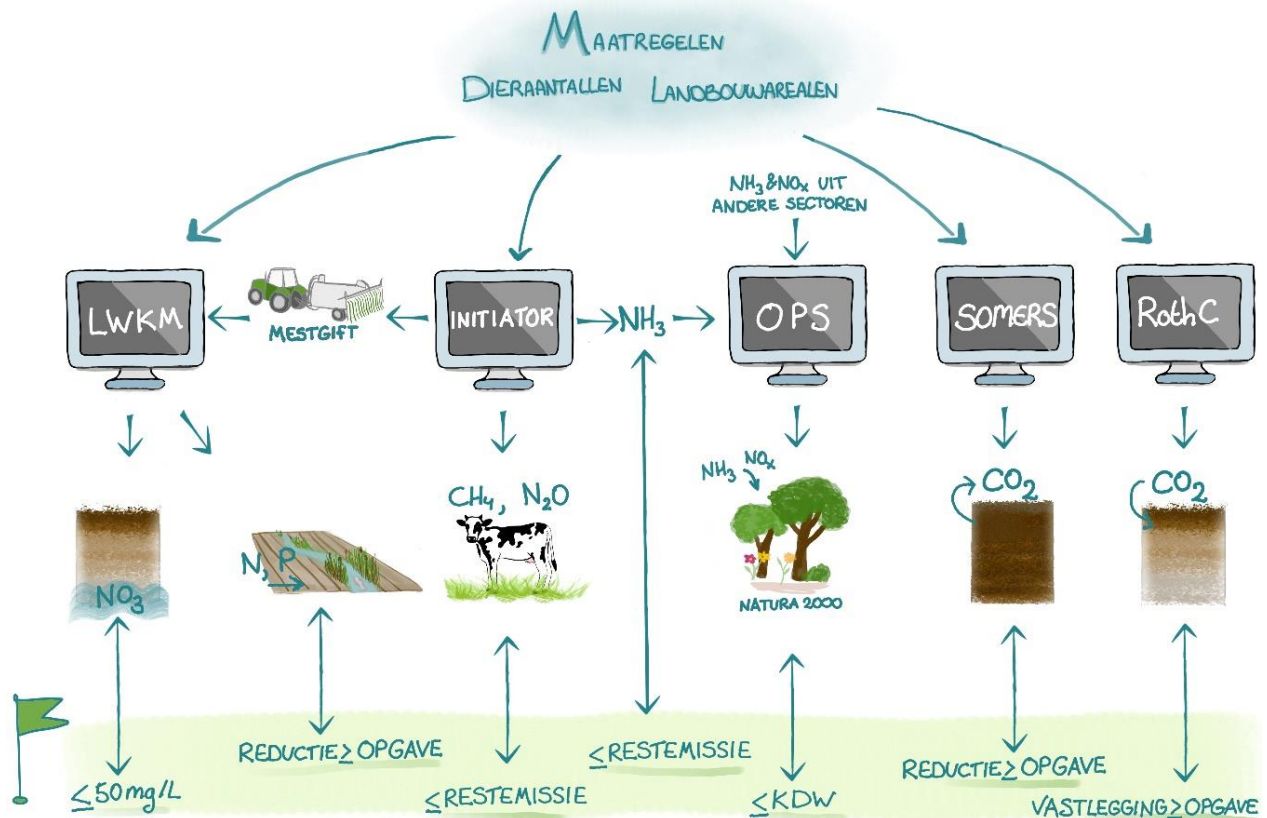
1. INITIATOR (berekent mestverdeling, ammoniakemissie, methaanemissie en lachgasemissie) (de Vries et al., 2023)
2. Operationele Prioritaire Stoffen model (OPS, berekent N-depositie) (Sauter et al., 2015)
3. RothC (berekent koolstofvastlegging in de minerale bodems) (Coleman en Jenkinson, 2014)
4. SOMERS (berekent emissie van CO₂ uit veenbodems) (Erkens et al., 2022)
5. ANIMO-model binnen het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (ANIMO/LWKM, berekent uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar grond en oppervlaktewater) (van der Bolt et al., 2022)

De modellen worden in Bijlage 1 nader beschreven, waarbij ook beschreven wordt van welke databronnen de modellen gebruikmaken.

In deze studie worden de maatregelen niet apart doorgerekend, maar worden ze in de twee scenario's als pakketten doorgerekend en houden rekening met hoe maatregelen onderling op elkaar kunnen inwerken. Er

¹² De term 'structureerende keuzes' is na het verschijnen van het interdepartementaal beleidsonderzoek ruimtelijke ordening door het NPLG omarmd. Het NPLG omschrijft dit als beleidsuitspraken over de (on)wenselijkheid van (nieuwe) activiteiten in het landelijk gebied ten opzichte van andere activiteiten/functions in het ruimtegebruik, of ten opzichte van het functioneren van het water- en bodemsysteem, resulterend in een ruimtelijke strategie op hoofdlijnen. Daarmee stuurt het Rijk globaal op randvoorwaarden voor locatie- en inrichtingskeuzes, waarbij onder meer geanticipeerd wordt op de klimaatveranderingen.

wordt dus rekening gehouden met de synergetische (meekoppelkansen) en antagonistische (afwenteling) effecten van maatregelen.



Figuur 3.3 Schematische voorstelling van gebruikte modellen, hun onderlinge relaties en de relaties met maatregelen en toetsingscriteria (visualisatie: Lotte Veenemans, WUR).

De invoer van data in de modellen is op elkaar afgestemd; er is gebruikgemaakt van (i) dezelfde dieren aantallen en arealen, (ii) dezelfde maatregelenpakketten/scenario's en (iii) van onderlinge interacties. Zo worden alle modellen aangestuurd vanuit dezelfde database met dieren aantallen en arealen die onder invloed van maatregelen veranderen. Bijvoorbeeld de maatregel onbemeste bufferstroken langs watergangen zorgt ervoor dat deze (delen van) percelen in de modellen ANIMO/LWKM en INITIATOR geen mest krijgen toegediend en in het model RothC er geen gewassen meer geteeld worden en geen grondbewerking meer plaatsvindt. Model INITIATOR berekent de mestgiften en geeft deze door aan het model ANIMO/LWKM. De berekende ammoniakemissie in INITIATOR wordt doorgegeven aan het model OPS.

3.3 Stap 3: Analyse van doelbereik van de twee scenario's

In stap 3 worden de berekende emissies uit stap 2 geaggregeerd naar provincieniveau. Per provincie is vervolgens het effect van de scenario's gerelateerd aan de provinciale doelen zoals deze in stap 1 zijn opgesteld. Vervolgens is geanalyseerd of de provinciale doelen integraal haalbaar zijn en of er mogelijk extra maatregelen (meer of zwaarder) nodig zijn om de doelen te halen.

4 Afleiden van mogelijke regionale doelen

In dit hoofdstuk worden mogelijke regionale doelen voor waterkwaliteit, klimaat en stikstof afgeleid. De landelijke doelstelling wordt daarbij verdeeld over de twaalf provincies. De doelen worden uitgedrukt in restemissies en/of reductieopgaven. Het zijn doelen specifiek afgeleid voor de landbouw. Daarbij is aangenomen dat andere relevante bronnen buiten de landbouw ook een evenredige bijdrage leveren aan de opgave. Het wil ook zeggen dat er nog andere maatregelen in andere sectoren nodig zijn om uiteindelijk het hoofddoel te halen (bijvoorbeeld natuurherstelmaatregelen om een goede staat van instandhouding van de habitat- en leefgebieden te bereiken of reductie van stikstofoxiden uit verkeer en industrie om te voldoen aan kritische N-depositiewaarden).

De regionale doelen kunnen op meerdere manieren worden afgeleid. Dat wordt in dit hoofdstuk inzichtelijk gemaakt. Het zijn 'mogelijke doelen', want het zijn de verantwoordelijke beleidsdirecties die de regionale doelen nader uitwerken, en de politiek die hierover uiteindelijk beslist en de regionale doelen vaststelt.

Leeswijzer figuren

In de figuren in de volgende paragrafen zijn de doelen uitgesplitst naar de twaalf provincies. De zwarte streep geeft het doel per provincie aan. De huidige situatie (basisjaar 2020) wordt weergegeven in de oranje balk. In geval de uiteinden van de zwarte streep:

- naar beneden wijzen (▼), wordt het doel bereikt als de oranje balk onder de lijn komt. Dit is bij de doelen die als restemissies zijn weergegeven.
- naar boven wijzen (▲), wordt het doel bereikt als de oranje balk boven de lijn komt. Dit is bij de doelen die als reductieopgave zijn weergegeven.

4.1 Waterkwaliteit

De landen uit de Europese Unie moeten voldoen aan de waterkwaliteitseisen van de Nitraatrichtlijn (NR) en Kaderrichtlijn Water (KRW). De Nitraatrichtlijn heeft als doel de uitspoeling van nitraat uit de landbouw naar grond- en oppervlaktewater en eutrofiëring van oppervlaktewater te voorkomen door goede landbouwpraktijk en te verminderen indien de waterkwaliteit reeds is aangetast. Een belangrijk doel van de Kaderrichtlijn Water is het realiseren van een goede chemische toestand voor alle wateren, een goede ecologische toestand voor natuurlijke wateren en een goed ecologisch potentieel van kunstmatige wateren. Het merendeel van de wateren in Nederland is kunstmatig.

4.1.1 Nitraat in uitspoelingswater uit de wortelzone

De doelen voor nitraat zijn geformuleerd in overeenstemming met de Nitraatrichtlijn. Het hoofddoel van deze richtlijn is dat 'verontreiniging van water door nitraat uit de landbouw wordt verminderd en verontreiniging verder wordt voorkomen' (EC, 2000). Deze algemene doelstelling is verder geconcretiseerd:

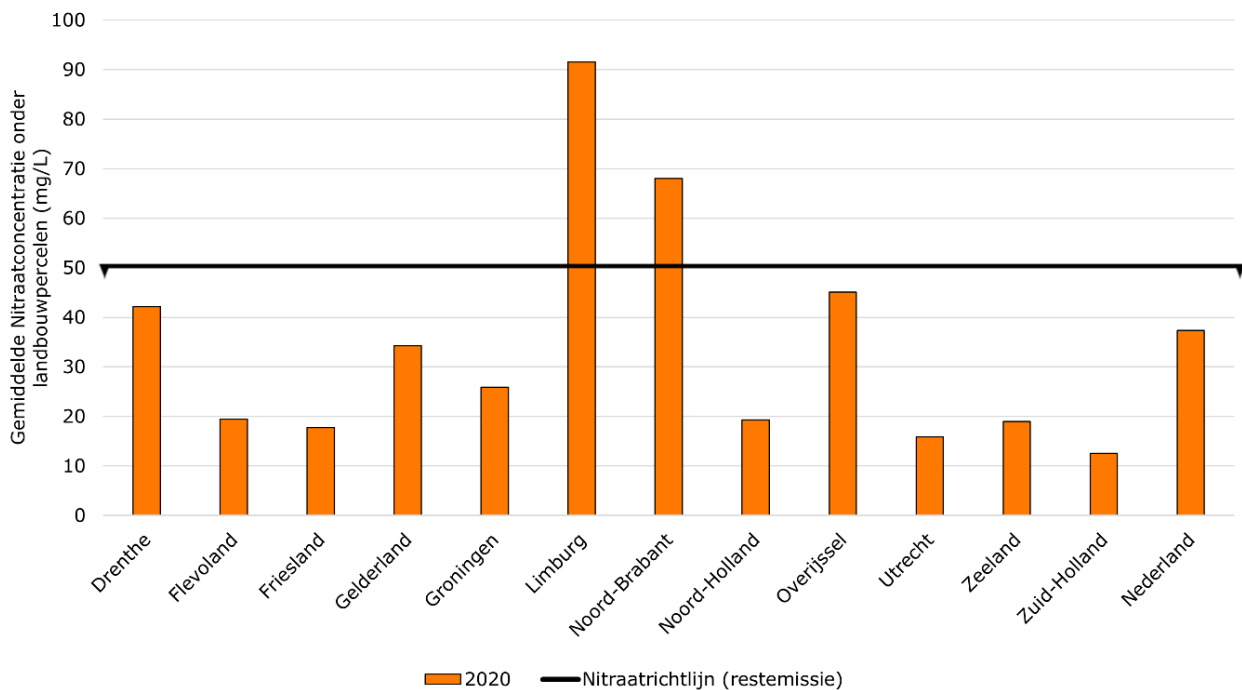
1. Er moeten maatregelen worden genomen om nitraatuitspoeling te beperken indien de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater uit de wortelzone van de bodem hoger is dan 50 mg/L.
2. Als de nitraatconcentratie lager is dan 50 mg/L mag deze niet toenemen.
3. De eutrofiëring van oppervlaktewater door uit- en afspoeling van stikstof en fosfor dient te worden verminderd.

Voor het ruimtelijke schaalniveau waarop het doel van maximaal 50 mg nitraat per liter in het grondwater geldt, zijn geen bindende afspraken bekend. In de Nitraatrichtlijnrapportage wordt een indeling in regio's (Zand, Klei, Veen, Löss) gehanteerd, waarbij de zandregio is ingedeeld in drie gebieden (Noord, Midden en

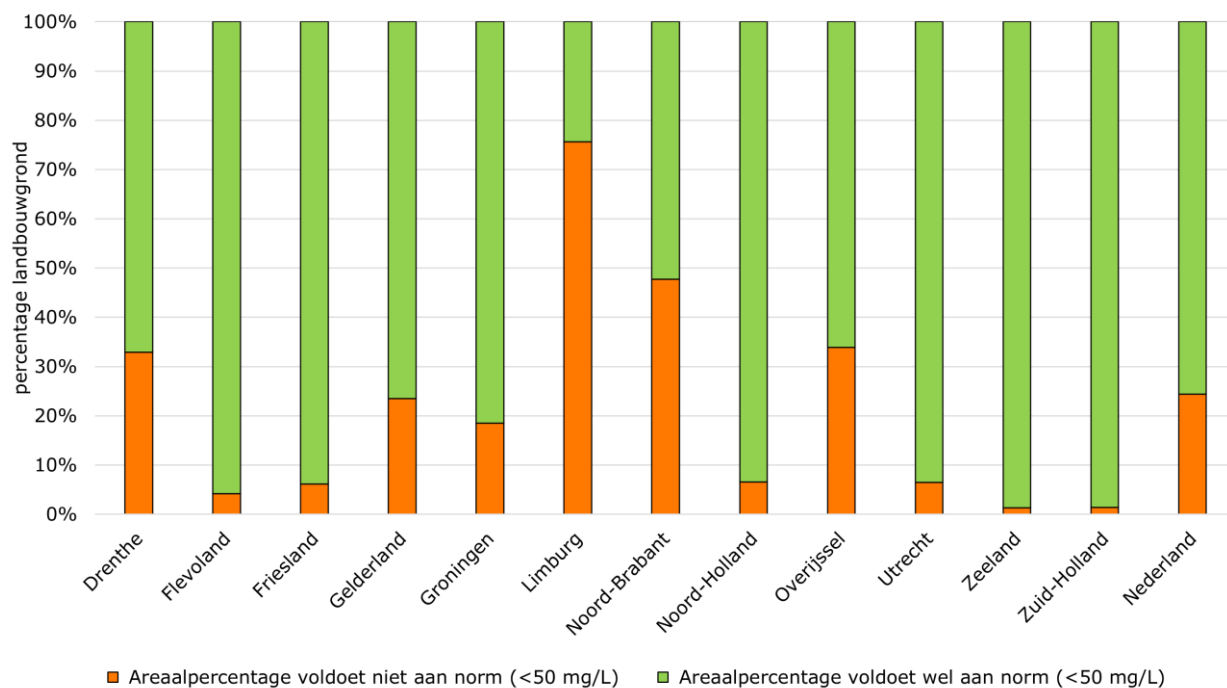
Zuid) (Fraters et al., 2020). Binnen de onderhavige studie is uitgegaan van een indeling in provincies. Er is daarmee een andere ruimtelijke indeling genomen dan in de Nitraatrichtlijnrapportage (Fraters et al., 2020).

Figuur 4.1 geeft het provinciale doel van gemiddeld maximaal 50 mg nitraat per liter en de met het ANIMO/LWKM-model voor het basisjaar 2020 in de onderhavige studie berekende gemiddelde nitraatconcentratie onder landbouwgronden weer. Bij een onderschrijding van gemiddeld 50 mg per liter is het doel gerealiseerd, bij een overschrijding niet. Het doel van gemiddeld maximaal 50 mg per liter wordt in de berekening met het ANIMO/LWKM-model in het basisjaar 2020 in Noord-Brabant en Limburg niet gehaald. In de overige provincies wordt de norm gemiddeld genomen wel gehaald. Echter, in iedere provincie heeft een deel van de landbouwgronden een nitraatconcentratie in het uitspoelingswater van meer dan 50 mg/L (zie Figuur 4.2).

Voor het basisjaar 2020 is berekend dat circa driekwart van het landbouwareaal in de provincie Limburg een nitraatconcentratie in het uitspoelingswater heeft van meer dan 50 mg/L (Figuur 4.2). In de provincie Noord-Brabant wordt een nitraatconcentratie in het uitspoelingswater van meer dan 50 mg/L op minder dan de helft van het areaal overschreden, terwijl de gemiddelde concentratie hoger is boven 50 mg/L is. Een relatief beperkt deel van het areaal landbouwgrond in deze provincie heeft een zodanig hoge nitraatconcentratie dat het gemiddelde hoger is dan 50 mg/L.



Figuur 4.1 Gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater onder de wortelzone van landbouwgronden in 2020 per provincie en gemiddeld voor heel Nederland. De zwarte lijn geeft de drinkwaternorm van 50 mg nitraat/L weer. Resultaten van modelberekeningen met ANIMO.



Figuur 4.2 Het percentage landbouwgrond per provincie en voor alle landbouwgronden in Nederland in basisjaar 2020 waar niet (oranje) en wel (groen) aan de norm van 50 mg nitraat/L wordt voldaan. Resultaten van modelberekeningen met ANIMO.

4.1.2 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar oppervlaktewater

Voor de kwaliteit van oppervlaktewater is uitgegaan van de doelen voor stikstof- en fosforconcentraties in regionale KRW-oppervlaktewaterlichamen, zoals vastgelegd in de derde Stroomgebiedsbeheersplannen (IenW, 2022). Deze doelen zijn een onderdeel van een samenhangend stelsel van indicatoren waarmee de waterkwaliteit wordt beoordeeld. In tegenstelling tot de Nitraatrichtlijn, een richtlijn gericht op de landbouw, omvat de Kaderrichtlijn Water alle bronnen van stoffen die tot een verslechtering van de waterkwaliteit kunnen leiden. Omdat het in de onderhavige studie om specifieke doelen voor landbouw gaat, zijn de doelen voor maximaal toegelaten stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater vertaald naar doelen voor de vermindering van uit- en afspoeling van stikstof- en fosfor uit landbouwgronden. Hierbij is de methodiek gehanteerd die is beschreven in Groenendijk et al. (2016):

- Per oppervlaktewaterlichaam wordt een omliggend gebied geïdentificeerd waar de landbouw- en natuurgronden afwateren op het waterlichaam (waterlichaamgebied).
- Voor de landbouwgronden binnen een waterlichaamgebied wordt een verdeling berekend van 'veroorzakende bronnen' van uit- en afspoeling. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in actuele en historische bemesting, depositie op de bodem, nalevering uit de bodem door oxidatie (veengronden), rijping (kleigronden) of vertering (zandgronden), opwaartse kwel vanuit grondwater en water dat in de zomerperiode is geïnfiltrerd vanuit oppervlaktewater.
- Vervolgens wordt voor alle waterlichaamgebieden een stikstof- en fosforbalans opgesteld waarbij rekening gehouden wordt met de hierboven berekende bijdrage van 'veroorzakende bronnen' van uit- en afspoeling, aanvoer uit bovenstrooms gelegen gebieden, afvoer naar benedenstrooms gelegen gebieden, retentie in het oppervlaktewater en alle andere bronnen zoals deze in de Emissieregistratie bekend zijn.
- Uit registraties en informatie over gemeten stikstof- en fosforconcentraties zoals deze bekend zijn in het Waterkwaliteitsportaal (www.waterkwaliteitsportaal.nl) en op KRW-Nutrend (<https://krw-nutrend.netlify.app/>), wordt de mate van overschrijding van de doelen voor stikstof- en fosforconcentraties in oppervlaktewater vastgesteld.
- Met de mate van overschrijding wordt de totale reductieopgave voor een waterlichaamgebied berekend. Omdat het gaat om een vermindering bij het uitstroompunt, wordt rekening gehouden met de retentie van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater per brontype voordat het water vanuit de verschillende bronnen het meetpunt passeert.

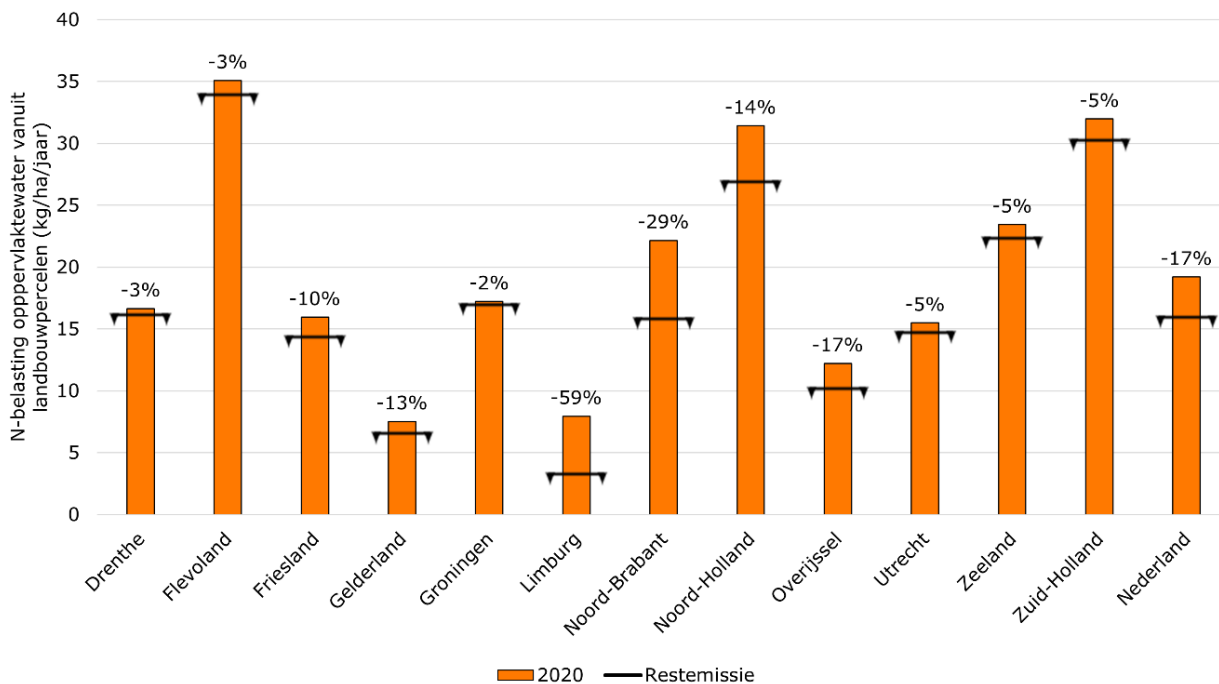
-
- Van de totale reductieopgave wordt per waterlichaamgebied een reductieopgave voor landbouw afgeleid. Deze opgave tot vermindering van uit- en afspoeling uit landbouwgronden wordt omgerekend naar kilogram per hectare landbouwgrond per jaar.
 - De getallen per waterlichaamgebied (er zijn ruim zeshonderd geïdentificeerde waterlichaamgebieden in Nederland) worden naar provincieniveau geaggregeerd door een oppervlakte gewogen middeling toe te passen. Voor een waterlichaamgebied dat in meerdere provincies ligt, wordt de opgave naar rato van het oppervlak in de provincies toebedeeld.

Bij de toekenning van 'veroorzakende bronnen' van uit- en afspoeling van stikstof en fosfor is tevens bepaald welke bronnen te beïnvloeden zijn en welke niet. Een aantal bronnen is niet stuurbaar met landbouwkundige maatregelen, zoals de belasting van oppervlaktewater door opwaartse kwel vanuit het grondwater en nalevering van de bodem. Bij de afleiding van de provinciale reductieopgaven is uitgegaan van aan bemesting gerelateerde bronnen. Dit impliceert dat in gebieden met een groot aandeel van niet aan bemesting gerelateerde bronnen in de opgave, zoals klei- en veenpolders in West-Nederland, de KRW-doelen voor nutriëntenconcentraties niet altijd gerealiseerd zullen worden.

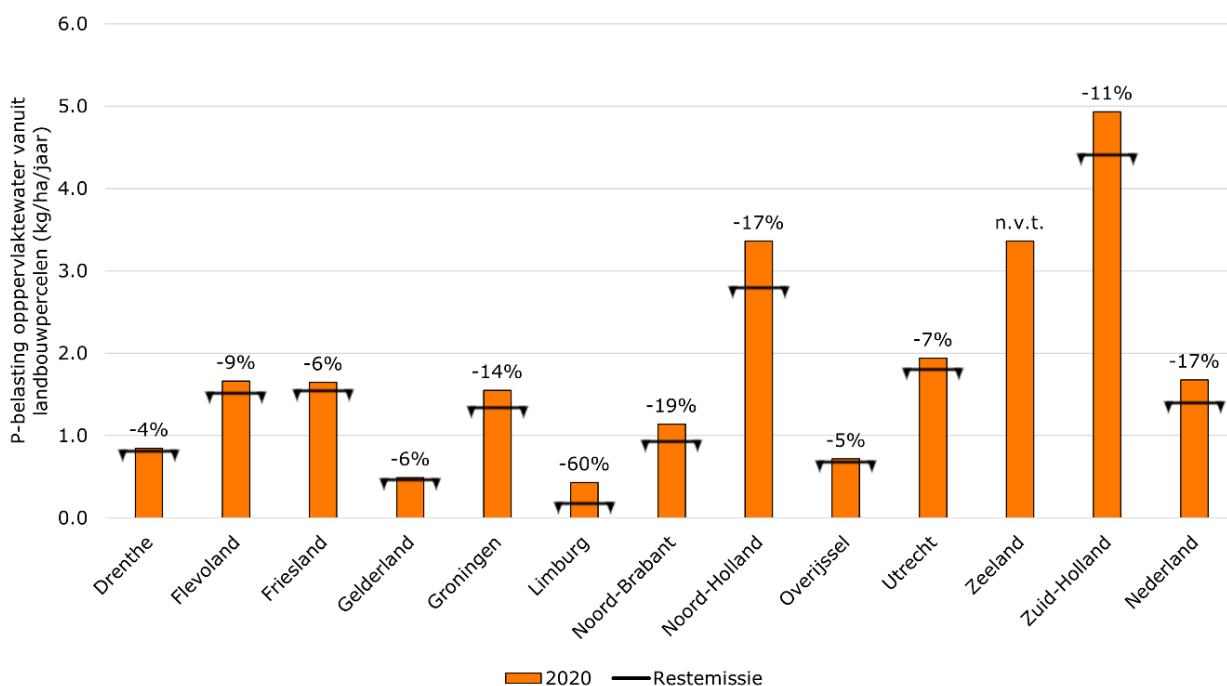
In Figuur 4.3 en 4.4 worden de berekende gemiddelde belasting van oppervlaktewateren door uit- en afspoeling van stikstof en fosfor vanuit landbouwpercelen (in kilogram per hectare per jaar) per provincie in het basisjaar 2020 getoond. Om vanuit landbouw een evenredige bijdrage te leveren aan de gewenste nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater volgens de KRW, worden de regionale doelen vertaald in termen van i) restemissies (maximale belasting van oppervlaktewateren door uit- en afspoeling van stikstof en fosfor vanuit landbouwpercelen) en ii) het reductiepercentage om de benodigde vermindering van de uit- en afspoeling te leveren. Zoals hiervoor is aangegeven, is de reductieopgave gebaseerd op de aan bemesting gerelateerde bronnen. Voor de provincie Flevoland geldt daarom een kleinere reductieopgave voor stikstof dan bijvoorbeeld voor de provincie Limburg, omdat in Flevoland het totale niveau van uit- en afspoeling sterker wordt bepaald door niet-stuurbare bronnen dan in Limburg. De provincie Zeeland kent voor fosfor geen reductieopgave (Figuur 4.4), omdat hier geen normen voor fosfor zijn afgeleid vanwege de hoge fosforconcentraties die daar van nature in de zoute en brakke wateren voorkomen.

Uit de figuren volgt dat gemiddeld in Nederland de benodigde vermindering van N-uitspoeling naar het oppervlaktewater 17% bedraagt, variërend van 2% in Groningen tot 59% in Limburg (Figuur 4.3). Voor fosfor moet de uitspoeling met gemiddeld 17% reduceren, variërend van 4% in Drenthe tot 60% in Limburg (Figuur 4.4).

De resultaten in Figuur 4.3 en 4.4 hebben alleen betrekking op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden en laten zich niet altijd vergelijken met gemeten concentraties, omdat in de metingen ook water uit niet-landbouwgronden en water dat vanuit de ondergrond direct naar sloten stroomt aanwezig is.



Figuur 4.3 Berekende gemiddelde stikstofbelasting van oppervlaktewateren door uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden per provincie en gemiddeld voor heel Nederland in het basisjaar 2020 in kg N/ha/jaar (oranje). De zwarte lijnen in de balken geven per provincie de doelen van de KRW weer; de percentages geven de benodigde relatieve vermindering van de uit- en afspoeling weer. Resultaten van modelberekeningen met ANIMO.



Figuur 4.4 Berekende gemiddelde fosforbelasting van oppervlaktewateren door uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden per provincie en gemiddeld voor heel Nederland in het basisjaar 2020 in kg P/ha/jaar (oranje). De zwarte lijnen in de balken geven per provincie de doelen van de KRW weer; de percentages geven de benodigde relatieve vermindering van de uit- en afspoeling weer. Resultaten van modelberekeningen met ANIMO.

4.2 Broeikasgassen

Om uiterlijk in 2050 klimaatneutraal te zijn, is in het coalitieakkoord het doel vastgesteld om de broeikasgasemissies in 2030 met ten minste 55% CO₂ te hebben verminderd. Om dit doel daadwerkelijk te halen, zet het kabinet in op een hogere opgave, wat neerkomt op circa 60% reductie in 2030. Het gaat om een nationaal doel voor alle broeikasgassen.

Om de nationale klimaatdoelstelling van ten minste 55% emissiereductie in 2030 te realiseren, heeft de landbouw een indicatief restemissiedoel van 18,9 Mton CO₂-equivalenten in 2030. Landgebruik heeft een indicatief restemissiedoel van 1,8-2,7 Mton CO₂-equivalenten in 2030. Deze indicatieve doelen voor landbouw en landgebruik zijn vastgelegd in de brief van minister Jetten van 11 februari 2022 en zijn met de Tweede Kamer gedeeld.

De regionale verdeling van de doelen verschilt per opgave. Voor de CO₂-emissiereductie in de veenweiden liggen er al concrete afspraken met de provincies. Voor landbouwbodems en veehouderij en akkerbouw zijn nog geen regionale verdelingen gemaakt. In deze studie zijn door de auteurs regionale verdelingen van het landelijk doel gemaakt, zoals hieronder verder toegelicht. De opgaven voor glastuinbouw en energieverbruik zijn niet meegenomen in deze studie, evenmin als de opgave voor koolstofvastlegging in bomen, bos en natuur.

4.2.1 Methaan- en lachgasemissies uit veehouderij en akkerbouw

In het ontwikkeldocument NPLG wordt voor methaan- en lachgasemissies uit de landbouw (exclusief glastuinbouw) een reductiedoel van 5,0 Mton CO₂-equivalenten t.o.v. de KEV2021-raming van de emissies voor 2030 gehanteerd, hetgeen op nationaal niveau een restemissie voor de landbouw betekent van 14,1 Mton CO₂-equivalenten voor 2030. Het zijn de restemissies voor alle landbouwsectoren, exclusief glastuinbouw. Omdat het energieverbruik uit de landbouw niet wordt meegenomen in deze studie, maar wel is inbegrepen in het landelijk doel voor veehouderij en akkerbouw, is voor de regionale verdeling de landelijke restemissie met 0,4 Mton CO₂-equivalenten verlaagd. De 0,4 Mton CO₂-equivalenten is gebaseerd op data uit de KEV2021 (Vonk et al., 2021).

Met de ondertekening van de Global Methane Pledge (www.globalmethanepledge.org) heeft Nederland zich gecommitteerd aan de internationale samenwerking om de mondiale uitstoot van methaan met ten minste 30% te reduceren in 2030 ten opzichte van 2020. Het ontwikkeldocument NPLG geeft aan dat, om te voldoen aan de Global Methane Pledge, met het NPLG in de veehouderij en akkerbouw een methaanemissiereductie van minimaal 3,82 Mton CO₂-equivalenten dient te zijn gerealiseerd in 2030.

De provinciale klimaatdoelen worden eind 2022 met de provincies bepaald en begin 2023 bekendgemaakt. Deze moeten in eerste instantie als richtinggevend worden gezien en worden tezamen met de andere doelen voor het landelijk gebied na juli 2023 definitief. In het ontwikkeldocument NPLG worden twee mogelijke verdeelsleutels genoemd die gebruikt kunnen worden voor de regionale verdeling:

- Verdeling op basis van huidige emissies in de veehouderij en akkerbouw per provincie.
- Verdeling op basis van stikstofreductiedoelstelling per provincie.

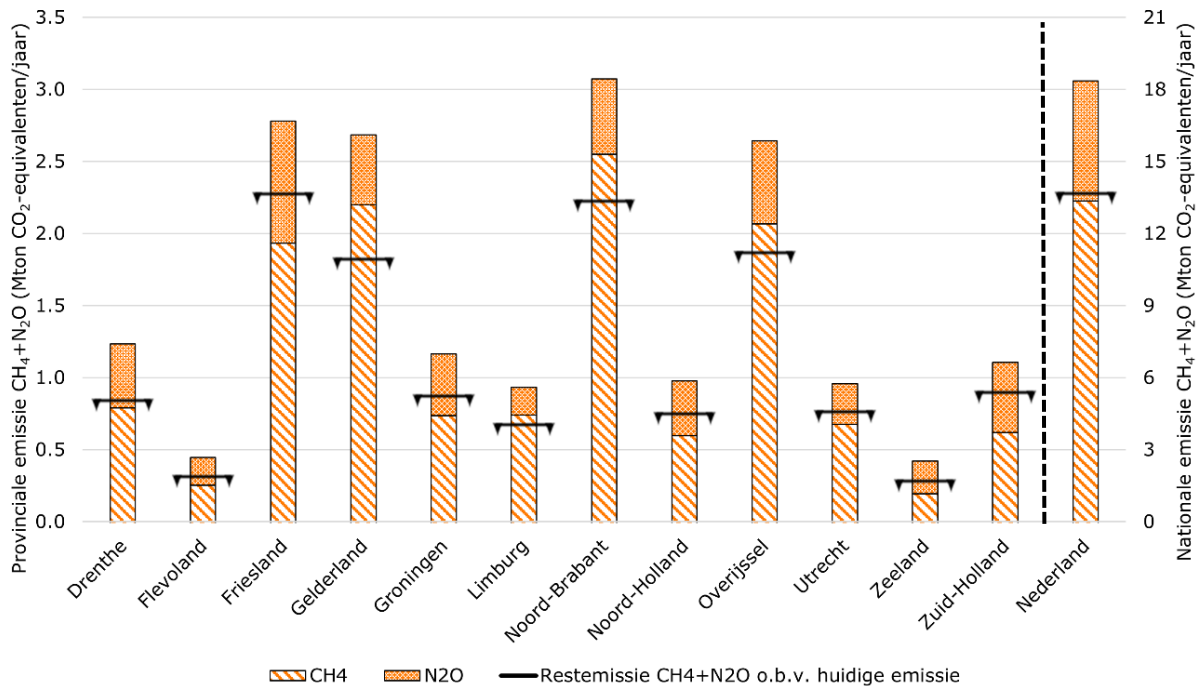
In de volgende paragrafen zijn deze twee verdeelsleutels nader uitgewerkt. De verdeling is uitgevoerd op basis van de huidige emissies, berekend met het INITIATOR-model (De Vries et al., 2023) voor het basisjaar 2020.

De emissies van particulieren, hobbybedrijven en uit mestbewerking en -verwerking zijn niet in het INITIATOR-model opgenomen. Deze bronnen zijn wel opgenomen in het nationale emissiemodel NEMA (Van Bruggen et al., 2022), dat wordt gebruikt voor de internationale rapportages en de KEV. Deze emissies zijn dus onderdeel van de restemissie. De emissies vanuit particulieren, hobbybedrijven en uit mestbewerking en -verwerking zijn in het kader van onderhavige studie geschat als het verschil in emissies berekend met INITIATOR en NEMA. Door de provinciale emissies zoals berekend met INITIATOR te corrigeren voor dit verschil, zijn de emissies van particulieren, hobbyboeren en mestbewerking en -verwerking alsnog meegenomen in de berekeningen.

4.2.1.1 Verdeling op basis van huidige emissies veehouderij en akkerbouw per provincie

De eerste verdeelsleutel die is toegepast, gaat uit van een evenredige verdeling per provincie op basis van de huidige (2020) methaan- en lachgasemissies uit de veehouderij en akkerbouw in iedere provincie. Hierbij zijn per provincie de emissies uit de volgende bronnen beschouwd: dieren, stallen, mestopslagen en bodems in de veehouderij en akkerbouw.

Figuur 4.5 geeft de huidige methaan- en lachgasemissies per provincie weer. In de figuur staat ook per provincie de regionale verdeling van de landelijke restemissies op basis van deze huidige emissies. Uit deze figuur volgt dat, uitgedrukt in CO₂-equivalenten, de methaanemissie hoger is dan de lachgasemissie (circa 70% op nationaal niveau).

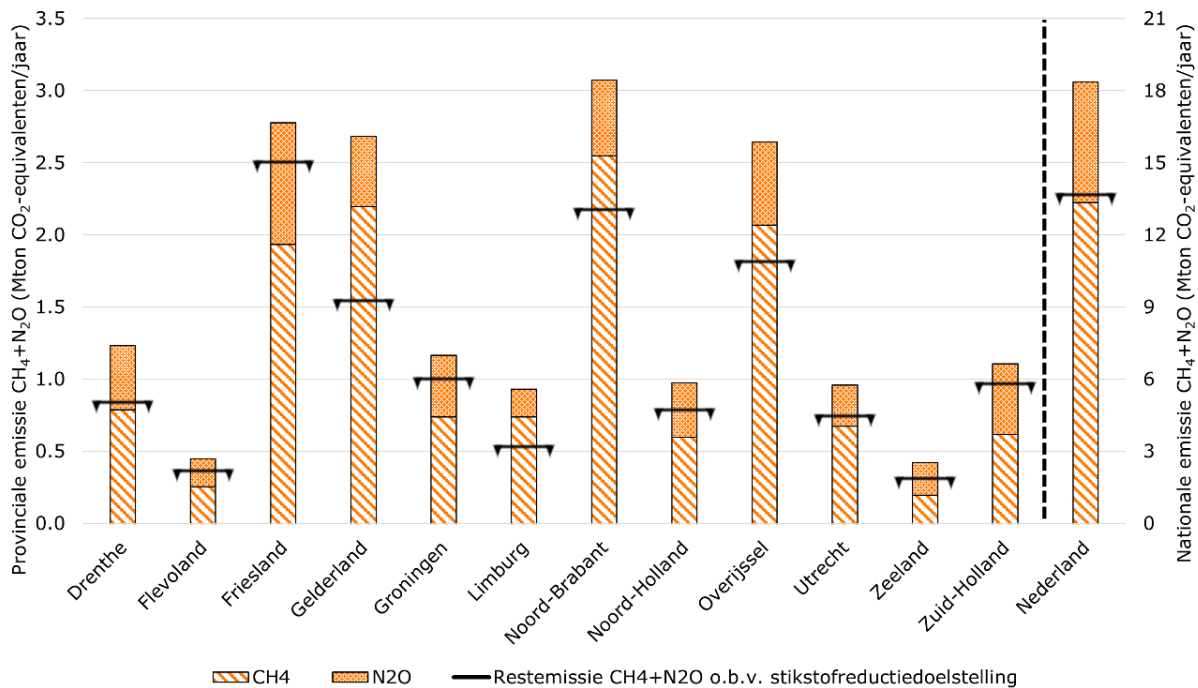


Figuur 4.5 Berekende methaan- en lachgasemissies van landbouwbedrijven in het basisjaar 2020, in Mton CO₂-equivalenten/jaar (oranje), vergeleken met de indicatieve provinciale restemissies in 2030, op basis van de verdeelsleutel van de huidige emissies (zwart). Resultaten van modelberekeningen met INITIATOR. De rechter y-as hoort bij Nederland en de linker bij de provincies.

4.2.1.2 Verdeling op basis van ammoniakreductiedoelstelling per provincie

De tweede verdeelsleutel legt de koppeling met de reductieopgave van stikstof (NH₃) per provincie. Daar ligt de veronderstelling aan ten grondslag dat daar waar er grote opgaven liggen in het kader van stikstof, het klimaatdoel ook hoger zal zijn dan in de provincies waar de stikstofopgaven relatief klein zijn. In het ontwikkeldocument NPLG wordt daar wel terecht de kanttekening bij geplaatst dat ammoniak en de broeikasgasemissies niet een-op-een gerelateerd zijn. Kunstmest en beweiding zijn bijvoorbeeld relatief grote bronnen van lachgas, maar kleine bronnen van ammoniak.

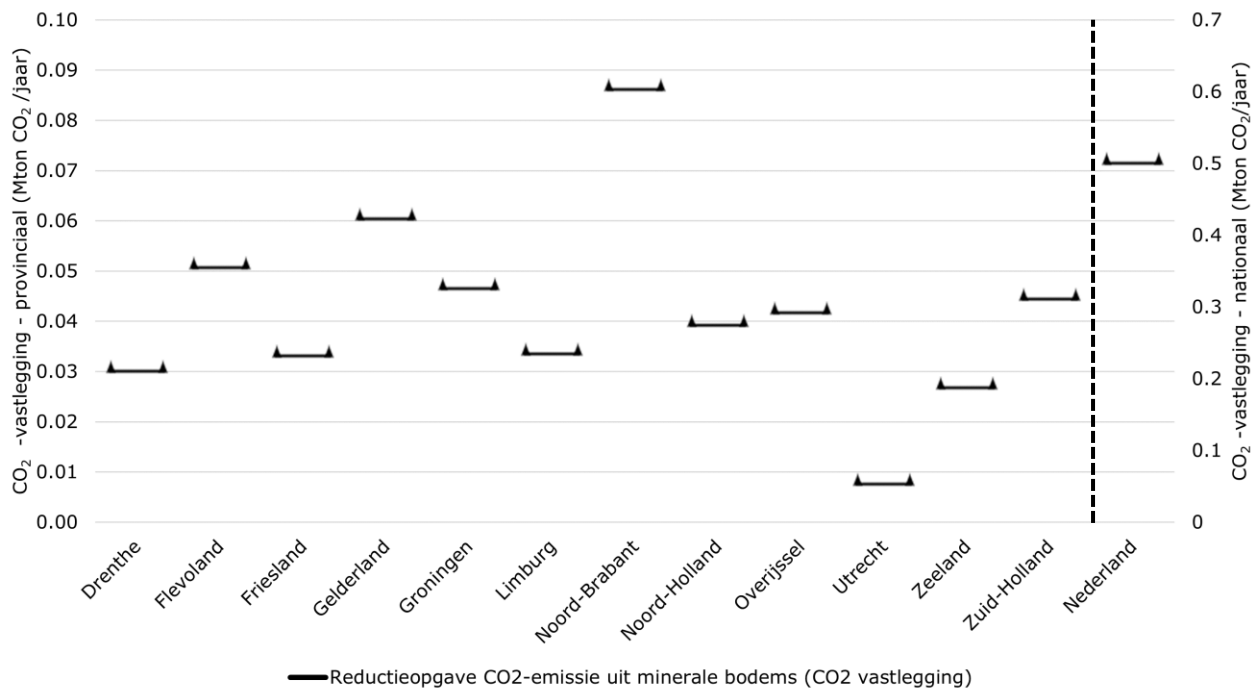
De relatieve verdeling van de provinciale reductieopgave voor ammoniak (zoals opgenomen in de startnotitie NPLG en hieronder uitgewerkt in paragraaf 4.3.1) is gebruikt om de landelijke restemissie voor methaan en lachgas te verdelen over de provincies. Deze regionale verdeling staat weergegeven in Figuur 4.6. Tevens staan hier de huidige methaan- en lachgasemissies per provincie weergegeven.



Figuur 4.6 Berekende methaan- en lachgasemissies van landbouwbedrijven in het basisjaar 2020 in Mton CO₂-equivalenten/jaar (oranje), vergeleken met de indicatieve provinciale restemissies in 2030, op basis van verdeelsleutel van de ammoniakreducties (zwart) (zie Figuur 4.9). Resultaten van modelberekeningen met INITIATOR. De rechter y-as hoort bij Nederland en de linker bij de provincies.

4.2.2 Koolstofvastlegging minerale bodems

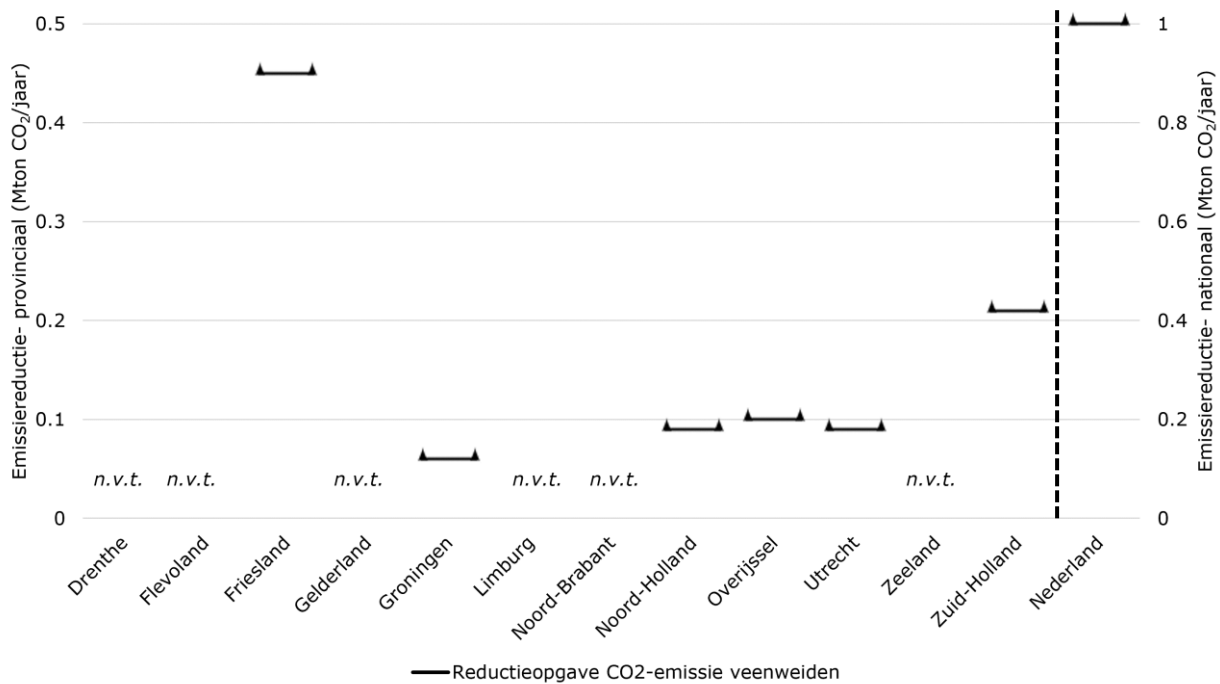
Voor minerale landbouwbodems is in het Klimaatakkoord een doelstelling van 0,4-0,6 Mton CO₂ extra vastlegging afgesproken in 2030. Het gaat hier niet om een reductie van emissies en daar kan deze doelstelling niet worden gerelateerd aan de huidige emissies, zoals bij de andere doelen. In deze studie is ervoor gekozen dit te doen naar rato van de potentie voor koolstofvastlegging. In Lesschen et al. (2021) is deze potentie voor een reeks van koolstofmaatregelen, waaronder meer blijvend grasland, rustgewassen, groenbemesters, meer compost en vaste mest en gewasresten achterlaten, bepaald op 0,9 Mton CO₂ per jaar. De potentie van de combinatie van maatregelen uit Lesschen et al. (2021) is voor deze studie ook op provincieniveau berekend met het RothC-model. De nationale opgave (0,5 Mton CO₂) is vervolgens naar rato van potentie voor koolstofvastlegging verdeeld over de provincies (Figuur 4.7).



Figuur 4.7 Provinciale verdeling van de landelijke klimaatdoelstelling voor extra CO₂-vastlegging in landbouwbodems (0,5 Mton CO₂) op basis van potentie voor koolstofvastlegging volgens Lesschen et al. (2021). De rechter y-as hoort bij Nederland en de linker bij de provincies.

4.2.3 Reductie CO₂-emissies uit veengronden

Voor reductie van CO₂ uit veenweiden is de landelijke reductieopgave uit het Klimaatakkoord 1 Mton CO₂ per jaar in 2030. Provincies moeten in hun regionale veenweidestrategie aangeven hoe ze deze emissiereductie willen bereiken. Op dit moment hebben echter alleen Friesland en Utrecht hun veenweidestrategie gepubliceerd. In het ontwikkeldocument NLPG is een indicatieve verdeling van de reductieopgave over provincies op basis van de berekende referentie-uitstoot van broeikasgassen uit veenbodems in 2017 gegeven. Figuur 4.8 geeft deze indicatieve reductieopgave per provincie weer. De huidige CO₂-emissie uit veen is niet opgenomen. Deze waren voor basisjaar 2020 niet beschikbaar.



Figuur 4.8 *Indicatieve verdeling reductieopgave veenweide in Mton CO₂-reductie voor provincies met veengronden (Bron: ontwikkeldocument NPLG). De rechter y-as hoort bij Nederland en de linker bij de provincies.*

4.3 Ammoniakemissie

In de startnotitie NPLG wordt uitwerking gegeven aan richtinggevende stikstofdoelen per gebied. Het landelijk doel is in de Wet stikstofreductie en natuurverbetering (WSN) vastgelegd: 74% van het stikstofgevoelige areaal van Natura 2000-gebieden (N2000) moet in 2035 onder de kritische depositiewaarde (KDW) zijn gebracht, in de wetenschap dat dit mede dient voor de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen voor natuur die voortkomen uit de Vogel- en Habitatrichtlijnen (VHR). Met het coalitieakkoord heeft het kabinet besloten deze doelstelling naar 2030 te halen.

De omgevingswaarde voor stikstof (74% van het areaal onder de KDW in 2030) is naar richtinggevende gebiedsdoelen vertaald als input voor provinciale gebiedsprocessen en de conceptgebiedsprogramma's van provincies. Het afgelopen jaar is daarvoor een proces doorlopen waarbij Rijk en provincies met hulp van het RIVM verschillende benaderingen voor het ruimtelijk vertalen van de stikstofopgave hebben bekeken en afgewogen. De werkwijze van het RIVM is in de memo Toelichting bij richtinggevende emissiereductiedoelstellingen vastgelegd.¹³ Deze richtinggevende regionale ammoniakdoelen worden in paragraaf 4.3.1 beschreven.

Aanvullend is door de auteurs van dit rapport een tweede verdeelsleutel toegepast om de landelijke omgevingswaarde te vertalen naar provinciale emissiereductiedoelen, waarin de benodigde emissiereductie tussen sectoren en provincies proportioneel wordt verdeeld. Dit wordt beschreven in paragraaf 4.3.2.

4.3.1 Richtinggevende ammoniakdoelen conform startnotitie NPLG

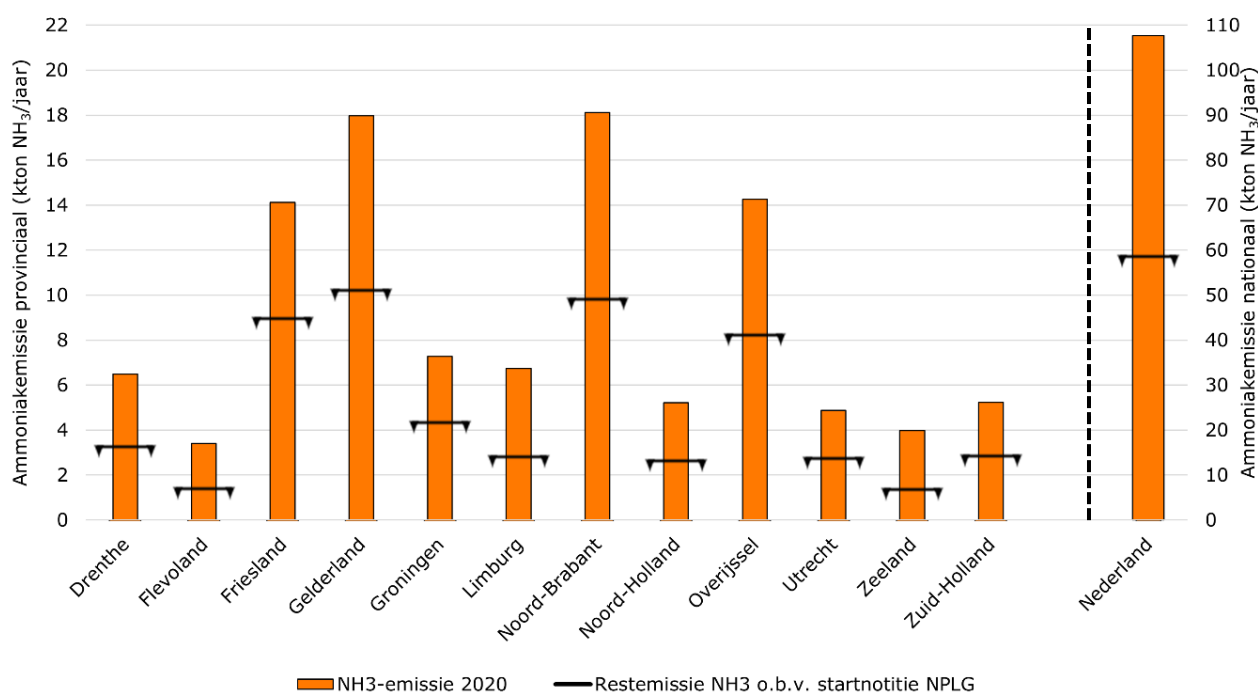
Voor de vertaling van de omgevingswaarde naar de bijbehorende benodigde stikstofreductie is in de startnotitie NPLG nationaal uitgegaan van – richtinggevend – 39 kton NH₃ emissiereductie in 2030. Dit heeft het Rijk als doel meegegeven en is gekoppeld aan doelbereik van 74% areaal onder de KDW. Dat komt

¹³ https://www.rivm.nl/sites/default/files/2022-06/RIVM-AERIUS_21-083_Toelichting%20bij%20richtinggevende%20emissiereductiedoelstellingen.pdf

overeen met een daling van ongeveer 40% van de ammoniakemissie uit de landbouw, boven op de verwachte daling tussen 2018 en 2030 volgens de ontwikkeling in het door het RIVM gehanteerde Basispad, gebaseerd op de Klimaat- en Energieverkenning 2020 (KEV2020), hetgeen circa 10 kton NH₃ emissiereductie geeft.

De richtinggevende emissiereductiedoelen voor ammoniak per provincie uit de startnotitie NPLG zijn vertaald van emissiereductie naar restemissie in 2030. Dit is gebeurd op basis van Tabel 5 uit de hierboven genoemde RIVM-memo. Hier staan per provincie het emissietotaal van het Basispad (raming 2030) en de emissiereductie naast elkaar en is op basis hiervan de restemissie afgeleid.

Figuur 4.9 laat de restemissie in 2030 zien als doel voor geheel Nederland (restemissie 58,5 kton NH₃) en per provincie (zwarte haken). De restemissies worden vergeleken met de ammoniakemissie uit 2020. Het verschil tussen de ammoniakemissie in 2020 en de restemissie is de reductieopgave.



Figuur 4.9 Richtinggevende provinciale doelen van NH₃-emissies uit de landbouw in 2030, vertaald naar restemissie (in zwart, bron: Startnotitie Nationaal Programma Landelijk Gebied, bewerking WENR), vergeleken met de NH₃-emissie uit de landbouw in basisjaar 2020 berekend met INITIATOR (in oranje). De rechter y-as hoort bij Nederland en de linker bij de provincies.

4.3.2 Richtinggevende ammoniakdoelen op basis van proportionele bijdrage

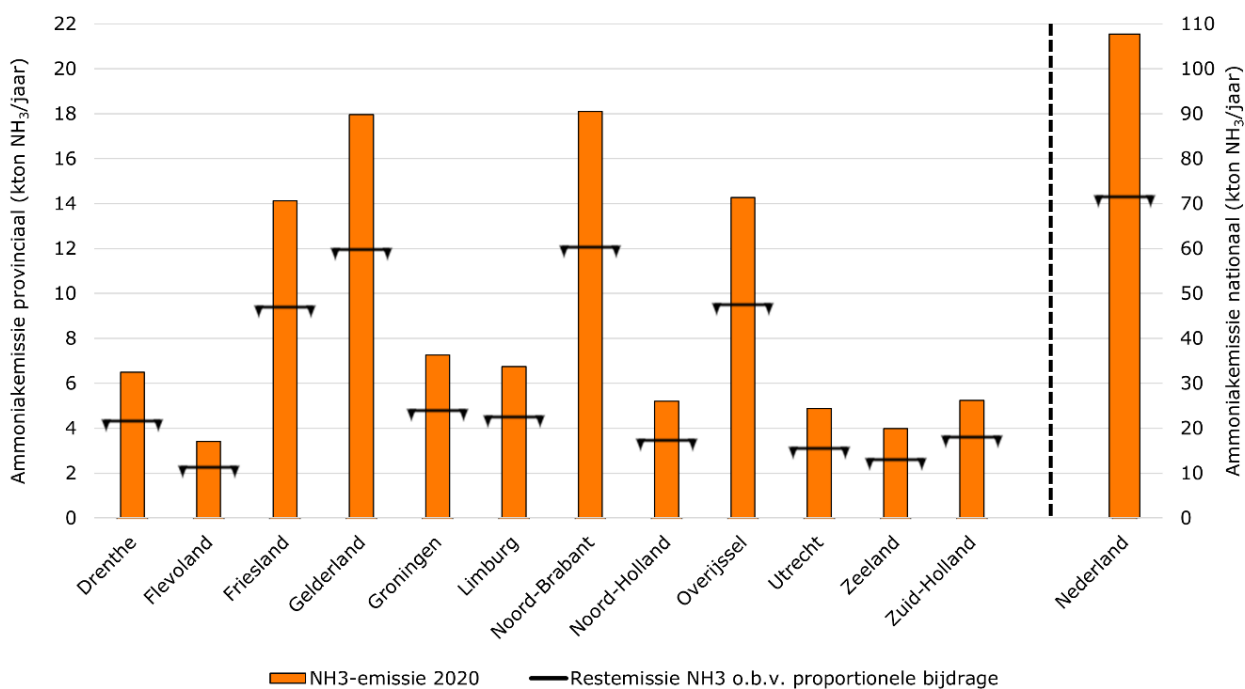
In deze tweede verdeelsleutel is bij het afleiden van de regionale doelen voor ammoniak uitgegaan vanuit het principe dat alle ammoniak- en NO_x-emitterende sectoren een proportionele bijdrage leveren aan de reductieopgave.

De landelijk generieke reductie in stikstofemissie, die ten opzichte van 2020 nodig is om 74% van het areaal onder de KDW te behalen, bedraagt 33% (berekend door OPS voor totale stikstofdepositie). Ervan uitgaande dat alle sectoren met een stikstofemissie (NH₃ en NO_x) en buitenland proportioneel bijdragen (dus elk 33% reductie), dan betekent dit voor de landbouw dat de NH₃-emissie met 33% moet afnemen: van 107,7 kton NH₃ in 2020 naar 71,5 kton NH₃ in 2030.¹⁴ Dit is een emissiereductie van ca. 36 kton NH₃ ten opzichte van

¹⁴ De ammoniakemissie in het basisjaar 2020 van 107,7 kton is berekend met het INITIATOR-model en wijkt licht af van NEMA, dat in 2020 een ammoniakemissie van 107,0 kton uit de sector landbouw rapporteert (Van Bruggen et al., 2022). Dit komt door verschillen in berekeningswijze: INITIATOR rekent op bedrijfsniveau en NEMA op nationale schaal.

2020. Deze reductie is lager dan de benodigde 39 kton NH₃ uit de startnotitie NPLG (zie par. 4.3.2), waarin wordt uitgegaan van een ander referentiejaar en een lagere bijdrage aan emissiereductie vanuit andere sectoren.

De reductieopgave voor iedere provincie bedraagt bij deze verdeelsleutel ook 33% ten opzichte van de emissie uit 2020. Zo is de absolute reductieopgave voor provincies met een hoge ammoniakuitstoot in 2020 groter dan in provincies die in 2020 een lage ammoniakemissie hebben. Figuur 4.10 geeft de provinciale landbouwemissies uit 2020 weer, in combinatie met de restemissie van proportionele provinciale doelen. Deze restemissie is over het algemeen iets hoger dan die van de richtinggevende doelen uit de startnotitie NPLG, omdat de reductieopgave minder groot is.



Figuur 4.10 Provinciale doelen voor reductie van NH₃-emissies uit de landbouw in 2030 op basis van proportionele bijdrage, vertaald naar restemissie (in zwart), vergeleken met de NH₃-emissie in het basisjaar 2020 berekend met INITIATOR. De rechter y-as hoort bij Nederland en de linker bij de provincies.

5 Uitwerking van de scenario's

Met het doorrekenen van twee scenario's beoordelen we of de gestelde regionale doelen integraal kunnen worden gehaald door toepassen van pakketten van maatregelen. De maatregelen worden toegepast boven op de maatregelen in het beleid tot 2030 (referentieraming 2030; RR). De uitwerking referentieraming 2030 staat weergegeven in Bijlage 2. In paragraaf 5.1 wordt ingegaan op de maatregelen die zijn opgenomen in de scenario's. In scenario 1 (S1) is het pakket aan maatregelen generiek in Nederland geïmplementeerd en in scenario 2 (S2) zijn enkele maatregelen uit het pakket meer gebiedsgedifferentieerd en in combinatie met verdere extensivering geïmplementeerd, rekening houdend met de zogenoemde 'structureerende' keuzes zoals deze in de startnotitie NPLG zijn benoemd. De uitwerking van deze structureerende keuzes staat weergegeven in paragraaf 5.2. In paragraaf 5.3 worden de consequenties van de uitwerking van de maatregelen met betrekking tot de veestapel, landbouwareaal en mestverdeling en -overschotten weergegeven voor de twee scenario's. Deze consequenties werken door in het doelbereik van de scenario's (zie hoofdstuk 6).

5.1 Maatregelen in de scenario's

Om in de landbouw integraal te werken aan de reductie van stikstof en broeikasgassen, het vastleggen van koolstof en het verbeteren van de waterkwaliteit, heeft ABDTOP Consult (Paul, 2021) in zijn advies 'Stikstofruimte voor de toekomst' van maart 2021 aangegeven dat een combinatie van maatregelen nodig is om per gebied en landelijk de gewenste doelen te realiseren. Naast technische en managementmaatregelen gaat het ook om structuurmaatregelen, zoals opkoop, of extensiveringsmaatregelen in en rondom de kwetsbare gebieden, zoals de veenweiden en de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden (Paul, 2021). Ook Velthof et al. (2021) geven aan dat een mix aan maatregelen nodig is bij een integrale aanpak om de water-, klimaat- en natuuropgaven te realiseren. Maatregelen die leiden tot een lagere input van stikstof, koolstof en fosfaat op het bedrijf leiden tot verlaging van de meeste emissies en het risico op afwenteling is meestal beperkt. Bij de meer technische maatregelen die gericht zijn op het beperken van de emissie van een specifieke stof in een deel van het landbouwsysteem, ontstaat wel een risico op afwenteling.

In onderhavige studie hebben de onderzoekers een samenhangend landbouwmaatregelenpakket opgesteld dat inzet op technische maatregelen, management- en structuurmaatregelen (zie Tabel 5.1). De meeste worden vaker in beleidsstukken en -adviezen genoemd als potentiële maatregelen die kunnen bijdragen aan het doelbereik voor stikstof, waterkwaliteit en klimaat. Het zijn (emissiereductie)maatregelen die naar verwachting op relatief korte termijn (tot 2030) op bedrijfsniveau uitgevoerd worden. Een deel van deze reductiemaatregelen wordt reeds in beleid geagendeerd en vastgelegd en sommige worden zelfs wettelijk verplicht, zoals bronmaatregelen landbouw Aanpak Stikstof, het mestbeleid (7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn (NAP7) en het addendum van dit actieprogramma, met daarbij de aanvullende voorwaarden uit de derogatiebeschikking) en de regionale veenweidestrategieën. De maatregelen zijn gebaseerd op resultaten van eerdere studies. Het zijn maatregelen die in diverse studies in de afgelopen jaren zijn bestudeerd (Groenestein et al., 2019; Groenendijk, 2021; Lesschen et al., 2021; Van Boekel et al., 2021; De Vries et al., 2023). Veel van deze studies waren gericht op een van de doelen in plaats van op alle doelen. De keuze en invulling van deze maatregelen zijn gebaseerd op de aanwezige deskundigheid binnen het onderzoeksteam.

De maatregelenpakketten zijn uitgewerkt in twee scenario's. In scenario S1 worden de maatregelen generiek in Nederland op dezelfde manier op ieder relevant bedrijf volledig geïmplementeerd. In scenario S2 wordt grotendeels scenario S1 gevolgd, maar wordt voor de maatregelen '20% minder vee', 'extensiveren grondgebruik', 'aanpassing bemesting en weidegang' aangesloten bij de 'structureerende keuzes' die genoemd worden in het ontwikkeldocument NPLG (zie ook paragraaf 5.2).

In Bijlage 3 worden de maatregelen in meer detail beschreven, aangegeven hoe ze modelmatig zijn geïmplementeerd en hoe er in de modelberekeningen rekening is gehouden met de synergie en het risico op afwenteling tussen emissies van de maatregelen.

Tabel 5.1 Overzicht van doorgerekende maatregelen voor zowel scenario S1 als scenario S2 (zie 'structureerende keuzes').

Maatregel	Toelichting	Reden
Referentieraming 2030		
Autonome ontwikkelingen en vastgesteld beleid per 1 mei 2021	De ramingen voor dieraantallen, landgebruik en emissies in 2030 o.b.v. KEV2021	Reeds vastgesteld beleid en autonome ontwikkelingen hebben invloed op het doelbereik in 2030 (Bijlage 2). De hieronder vermelde maatregelen zijn toegepast boven op de maatregelen in de referentieraming 2030.
Managementmaatregelen		
Rantsoen	Melkveehouderij: verlagen van ruweiwitgehalte (RE) tot maximaal 160 g RE/kg ds	Gebaseerd op bronmaatregel aanpak Stikstof https://www.aanpakstikstof.nl/maatregelen/landbouw/verlagen-ruw-eiwitgehalte-veevoer
Meer weidegang	Melkveehouderij: naar gemiddeld 1900 uur weidegang per jaar voor de huidige bedrijven met weidegang Gemiddeld 1900 uur weidegang voor de weidende melkkoeien ligt 600 uur hoger dan de gemiddelde weidegang in 2021 (CBS, 2022) ³⁾	Gebaseerd op bronmaatregel aanpak Stikstof https://www.aanpakstikstof.nl/maatregelen/landbouw/vergroten-aantal-uren-weidegang
Additieven voer	Varkens: benzoëzuur toevoeging	Maatregel om ammoniakemissie te beperken (Groenestein et al., 2017)
	Melkvee: Bovaer [®] toevoeging	Maatregel om methaanemissie te beperken (Van Gastelen et al., 2022)
Efficiënter mest toedienen	Emissiefactor van 17 naar 12% van de toegediende TAN	Wordt aan oplossingen gewerkt in het o.a. Innovatieprogramma naar beter bemesten. http://www.bemestopznbest.nl/ De ambitie van dit programma is om de huidige emissiefactoren te halveren. In deze studie wordt behoudend geraamd en wordt uitgegaan van 30%-punt.
Lagere bemesting	Jaarlijks maximaal 170 kg N per hectare uit dierlijke mest	Aanname dat derogatie zou vervallen. Is inmiddels ook door de EU-commissie aangegeven: zie concept-derogatiebeschikking ²⁾ van 28 september 2022. https://open.overheid.nl/repository/ronl-99b2150bf96eaf545320f42f128722c585393d9/1/pdf/22495520bijlage-1-definitieve-derogatie-beschikking.pdf
	12,5-15% lagere stikstofgebruiksnorm (dierlijke - en kunstmest; t.o.v. van de 2019-2021 normen) bij uitspoelingsgevoelige gewassen in zand- en lössgebieden	Aanname door onderzoekers van onderhavige studie om in gebieden met een grote opgave doelbereik waterkwaliteit te behalen In de later verschenen derogatiebeschikking wordt een hogere reductiedoelstelling genoemd (20%)

Maatregel	Toelichting	Reden
Leeftijd grasland verhogen	Behoud areaal permanent grasland en 50% van tijdelijk grasland wordt omgezet in permanent grasland	Maatregel om koolstofvastlegging in de bodem te bevorderen In Lesschen et al. (2021) beschreven als een van de maatregelen met de meeste potentie voor extra koolstofvastlegging.
Verruiming bouwplan/verhogen aandeel rustgewassen	Minimaal 33% rustgewassen op bedrijfsniveau (meer granen t.o.v. intensieve gewassen zoals aardappels, suikerbieten, bollen en uien) in rotatie	Maatregel voor koolstofvastlegging in bodem en verbetering waterkwaliteit. In Lesschen et al. (2021) beschreven als een van de maatregelen met de meeste potentie voor extra koolstofvastlegging. Door CDM (2021) wordt aangegeven dat rustgewassen 1 op 3 in het bouwplan gemiddeld een positief effect heeft op de water- en bodemkwaliteit.
Toepassen vanggewassen	Toegepast op alle gewassen waarna potentieel een vanggewas kan worden toegepast	Maatregel voor koolstofvastlegging in bodem en tegengaan nitraatuitspoeling. In Lesschen et al. (2021) beschreven als een van de maatregelen met de meeste potentie voor extra koolstofvastlegging.
Technische maatregelen		
Ammoniakemissiearme stallen	Strengere ammoniak emissienormen voor rundvee, varkens en pluimvee. Deze staleisen omvatten een grote diversiteit aan maatregelen die op bedrijfsniveau genomen kunnen worden om aan emissiereductie te voldoen; denk aan aanpassing en/of spoelen van vloeren, mest scheiden/koelen/snel afvoeren en verwerken of luchtwassers.	Bronmaatregel stalmaatregelen uit de structurele aanpak stikstof ziet op zowel aanscherping van de normen voor de emissie van ammoniak uit stallen (melkvee, vleeskalveren, varkens en pluimvee) als financiële ondersteuning bij het doen van de benodigde aanpassingen. Uiterlijk per 2025 voor nieuwe stallen en met een overgangstermijn voor bestaande stallen. In deze studie zijn de reeds bestaande stalnormering voor 2028 in provincie Noord-Brabant als uitgangspunt genomen voor een strengere normering. https://noord-brabant.tercera-ro.nl/SiteData/9930/Publiek/BV00342/b_NL.IMRO.9930.IOVwijzregels2-on01_1.pdf
Aanpassing stallen voor minder methaanuitstoot	Melkveehouderij (niet toegepast in de varkenshouderij): De mest zo snel mogelijk uit de open omgeving (stal) afvoeren naar een geconditioneerde opslag met beluchting/koeling.	Maatregel om methaanemissie te beperken. https://integraalaanpakken.nl/mestspoor
Structuur- en ruimtelijke maatregelen		
Minder vee/extensiveren	20% minder vee ¹⁾ Generieke reductie in heel Nederland over alle diersoorten, in S1. NB In de KEV2021 wordt ook al uitgegaan van een afname van de veestapel (afhankelijk van diertype gaat het om 1 tot 5%).	Op basis van (i) eerder verschenen studies, waarin 30% een benodigde afname van de veestapel wordt ingeschat (o.a. PBL, 2021; Ter Haar, 2021) (ii) autonome afname van de veestapel die plaatsvindt en (iii) aanvullende technische maatregelen en managementmaatregelen, is door de onderzoekers van dit rapport uitgegaan van 20% afname ten opzichte van 2030.

Maatregel	Toelichting	Reden
Bufferstroken	Niet bemesten van 5 m langs Ecologisch waardevolle beken volgens art. 3 Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet (Mw) en 5 m langs KRW-waterlichamen; 3 m-zone langs alle permante watervoerende sloten; 1 m langs droogvallende sloten (in beide gevallen max. 4% grondbeslag van een perceel).	Internationale literatuur geeft aan dat de maatregel effectief is (Valkama et al., 2019). De uitwerking in deze studie is gebaseerd op het 7 ^e Actieprogramma Nitraat + addendum.
Vernatten veengronden	Peilverhoging naar 40 cm onder maaiveld en/of toepassing van waterinfiltratiesystemen	Gebaseerd op kennis uit Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden. https://www.nobveenweiden.nl Is ook genoemd in de brief van I&W over bodem- en watersysteem van 25 november 2022 en wordt in enkele reeds vastgestelde Regionale Veenweide Strategieën genoemd. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/11/25/water-en-bodem-sturend

Uitwerking maatregelen aan de hand van 'structurende keuzes' in scenario S2

Minder vee	20% minder vee Gerichte reductie in gebieden waar extensivering moet plaatsvinden o.b.v. de structurende keuzes (zie par. 5.3).	Door de reductie in veestapel zone-specifiek toe te passen, wordt een groter doelbereik beoogd.
Meer weidegang	Melkveehouderij naar gemiddeld 1900 uur weidegang per jaar voor de huidige bedrijven met weidegang. Incl. weidegang (3000 uur per jaar) in gebieden waar extensivering moet plaatsvinden o.b.v. de structurende keuzes (zie par. 5.3).	Door extra uitbreiding weidegang specifiek toe te passen, wordt een groter doelbereik beoogd.
Extensiveren grondgebruik	Productiegraslanden en bouwland worden (deels) onbemest grasland en kunstmestgebruik wordt verminderd in gebieden waar extensivering moet plaatsvinden o.b.v. de structurende keuzes (zie par. 5.3).	Vermindering van bemesting met dierlijke mest en kunstmest leidt tot minder ammoniakemissie en uit- en afspoeling van stikstof en fosfor. Omzetten van bouwland naar grasland leidt tot minder nitraatuitspoeling en meer koolstofopslag.
Extensivering brede zones in beekdalen, waar sprake is van een KRW-opgave	Locatie nader in te vullen in gebiedsprocessen. Als rekengrootheid om arealen te schatten, zijn percelen verondersteld binnen een afstand van 250 m van KRW-wateren met een opgave voor vermindering van de uitspoeling; extensiveren door lagere veedichtheid en lagere bemesting.	Genoemd in het addendum van 7 ^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn (NAP7), voor berekeningen zijn eigen aannames gedaan.

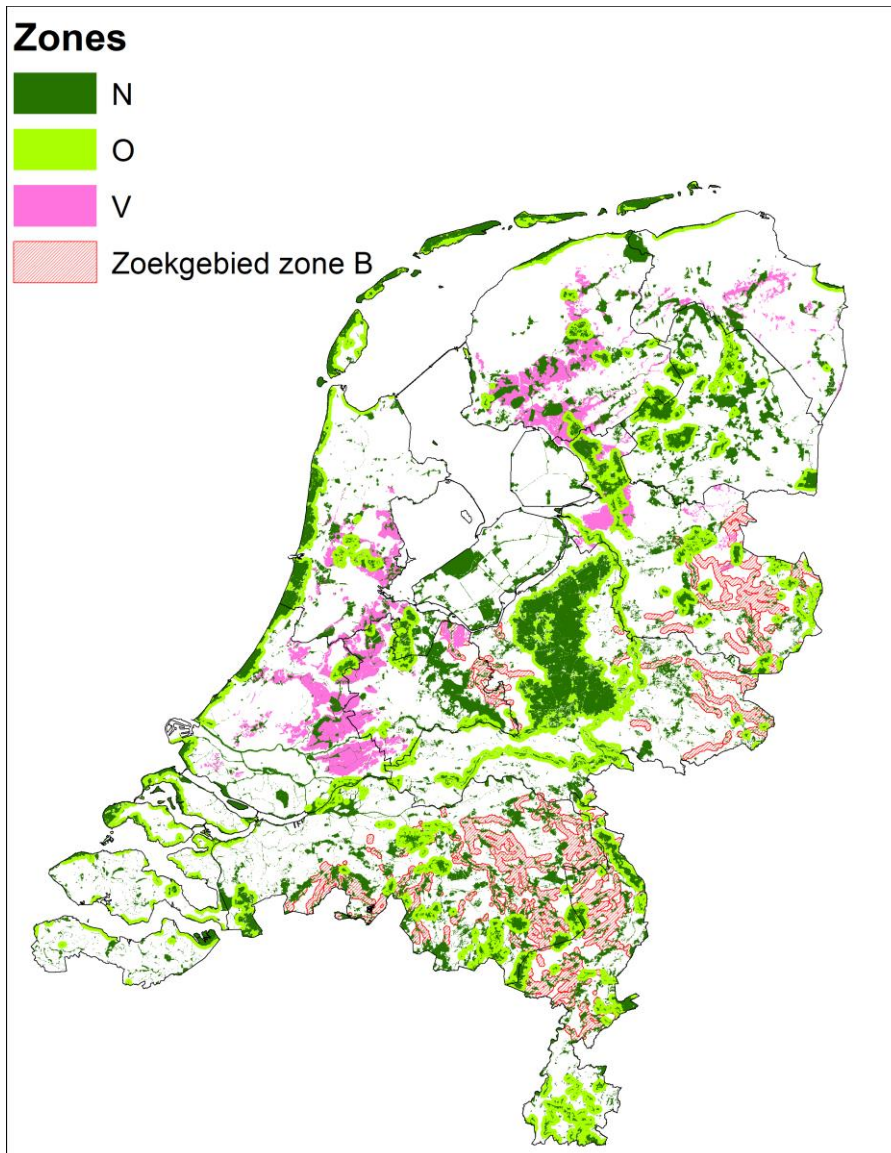
¹) De wijze waarop deze vermindering van de veestapel zal plaatsvinden, is hier niet uitgewerkt. Maar er zijn meerdere (combinaties van) beleidsinstrumenten denkbaar die kunnen leiden tot deze vermindering, zoals de opkoopregelingen, het afkopen van verhandelde fosfaatrechten of het hanteren van een norm voor veebezetting per hectare.

²) De derogatiebeschikking 2022-2025 werd pas na de zomer 2022 bekend (toen uitgangspunten van de berekening al waren vastgesteld) en gaat verder dan de toediening van dierlijke mest maximeren op 170 kg N/ha, zoals bufferstroken en 20% verlaging van de stikstofgebruiksnorm in met nutriënten verontreinigde gebieden. De bufferstroken zijn in de onderhavige studie meegenomen. De met nutriënten verontreinigde gebieden zijn nog niet vastgesteld. Er is een 12,5 tot 15% verlaging van de stikstofgebruiksnorm bij uitspoelingsgevoelige gewassen zand- en lössgebieden meegenomen.

³) Dit is dus meer dan de uitbreiding met 250 uur vanaf 2022 die in de Wsn wordt genoemd. Dit komt doordat de in de Wsn genoemde weide-uren betrekking hebben op het ongewogen gemiddelde aantal uur weidegang van melkkoeien op bedrijven die weidegang toepassen. Zie Bijlage 3 (B3.7) voor nadere toelichting.

5.2 Extensiveren aan de hand van structurerende keuzes

In scenario S2 wordt met een aantal maatregelen aangesloten bij de structurerende keuzes zoals zijn opgenomen in de startnotitie NPLG en ontwikkeldocument NPLG. In de startnotitie NPLG worden een aantal aandachtsgebieden genoemd waar de structurerende keuzes betrekking op hebben: de natuur- en overgangsgebieden, de bufferzones in beekdalen op de zandgronden (waar sprake is van een KRW-opgave) en de veenweidegebieden. In deze gebieden wordt dit scenario gericht op extensiveren van de landbouw. Figuur 5.1 laat zien welke aandachtsgebieden in deze studie zijn gehanteerd. Deze aandachtsgebieden hebben geen formele status.



Figuur 5.1 Kaart met de ligging van de aandachtsgebieden die in deze studie worden gehanteerd voor de gebiedsgerichte uitwerking van een aantal maatregelen in scenario S2. N: Natura 2000 en Natuurnetwerk Nederland, O: overgangszone van 1 km rondom stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden, V: veenweidegebieden, Zoekgebied zone B: zoekgebieden voor brede zones in beekdalen waar sprake is van een KRW-opgave.

De extensivering in de aandachtsgebieden worden gebiedsgericht ingevuld door middel van de maatregelen 'minder vee' en 'meer weidegang' uit scenario S1 en aanvullend wordt een deel van het landbouwareaal onbemest gelaten. De afname van 20% van de veestapel wordt gebiedsgedifferentieerd uitgewerkt door in ieder aandachtsgebied met een maximale veedichtheid voor alle diersoorten in grootvee-eenheden per

hectare (GVE/ha) te rekenen. De maatregel 'meer weidegang' wordt in enkele aandachtsgebieden geïntensiveerd naar 3.000 uur weidegang ten opzichte van S1, waarbij deze maatregel in de rest van Nederland minder wordt toegepast. Het betreft de volgende aandachtsgebieden uit Figuur 5.1, waarin in scenario S2 met de volgende gebiedsgerichte maatregelen is gerekend:

- **N: Natuur.** Natuurnetwerk Nederland (NNN) en Natura 2000-gebieden. Hier wordt een extensieve vorm van landbouw gehanteerd. Het huidige intensief in gebruik zijnde grasland (niet zijnde natuurlijk grasland) en bouwland wordt omgezet in onbemest grasland¹⁵ en op het resterende natuurlijke grasland dat in landbouwkundig gebruik is, wordt uitgegaan van een veebezetting voor alle diersoorten van gemiddeld 1 GVE/ha (grootvee-eenheden/hectare) en geen kunstmestgebruik.
- **O: Overgangsgebieden.** Een gebied van 1 km rondom stikstofgevoelige habitat- en leefgebieden binnen de Natura 2000-gebieden¹⁶. Het huidige bouwland wordt omgezet in onbemest grasland en op de huidige graslanden wordt een veebezetting gehanteerd voor alle diersoorten van gemiddeld 1 GVE/ha, een beweidingsduur van minimaal 3000 uur/jaar en geen kunstmestgebruik.
- **V: Veenweiden.** De veenweiden zijn in deze studie afgebakend tot de veengronden (code V, Bodemkaart 1:50.000) in de zes provincies met een reductieopgave CO₂-emissie uit veen. Hier wordt een veebezetting gehanteerd voor alle diersoorten van gemiddeld 1,5 GVE/ha op alle landbouwgrond, een beweidingsduur van minimaal 3000 uur/jaar en wordt het kunstmestgebruik gehalveerd ten opzichte van wat nodig is om de stikstofgebruiksnorm op te vullen.
- **B: Beekdalen.** Brede zones in beekdalen waar de waterkwaliteit nog niet voldoet aan de KRW-doelen voor stikstof- en fosforconcentraties in de waterlichamen (IenW, 2022). De exacte locaties en gebieden zijn nog aan te wijzen in gebiedsprocessen, daarom zijn zoekgebieden opgenomen in Figuur 5.1. Als rekengrootheid om arealen te schatten, is een breedte van 250 m verondersteld. In deze gebieden wordt een veebezetting voor alle diersoorten van gemiddeld 1 GVE/ha gehanteerd op alle landbouwgronden en wordt het kunstmestgebruik gehalveerd ten opzichte van wat nodig is om de stikstofgebruiksnormen op te vullen.
- Omdat op basis van bovenstaande veebezettingen in de aandachtsgebieden nog geen sprake is van 20% afname van de veestapel, is de resterende reductie in de veestapel toegepast op de piekbelasters. In deze studie is daarvoor op de 10% van de veehouderijbedrijven met de hoogste depositiebijdrage (grootste vracht) op de Nederlandse Natura 2000-gebieden een zodanig generieke reductie toegepast, dat landelijk gemiddeld een afname van 20% veestapel plaatsvindt. De ligging van deze bedrijven staat niet in Figuur 5.1. Deze bedrijven kunnen overal in Nederland liggen, maar concentreren zich in Oost-Nederland. In Oost-Nederland liggen relatief veel veehouderijen en zijn grote oppervlakten stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden aanwezig.

5.3 Consequenties voor landbouwareaal, veestapel en mest

5.3.1 Landbouwareaal

Tabel 5.2 geeft het landbouwareaal in de referentieraming 2030 (RR) en de twee scenario's (S1 en S2).

Het verschil in landbouwareaal tussen referentieraming 2030 en scenario S1 is het areaal bufferstroken langs de waterlopen ten gevolge van de derogatiebeschikking. Deze worden niet meer bemest. Het gaat in Nederland om ruim 45.000 ha. Het verschil in landbouwareaal tussen referentieraming 2030 en scenario S2 is groter, omdat naast de bufferstroken ook productiegasland in de natuurgebieden en bouwland in zowel de natuurgebieden als overgangsgebieden is omgezet in onbemest grasland. Daarmee neemt het te bemesten landbouwareaal in scenario S2 af met bijna 180.000 ha ten opzichte van de referentieraming 2030. In Bijlage 4 staat een uitwerking naar provincies.

¹⁵ Onder onbemest grasland verstaan we in deze studie landbouwgrond dat niet meer bemest wordt met dierlijke en kunstmest; deze graslanden worden ook niet meer meegeteld voor de mestplaatsingsruimte. Deze graslanden kennen dus nog maar zeer beperkte landbouwkundige mogelijkheden.

¹⁶ De stikstofgevoelige habitattypen en de leefgebieden per Natura 2000-gebied zijn gebaseerd op kaarten zoals gebruikt door het RIVM, het momenteel actueelste bestand (versie van 13 januari 2022) dat ook voor Aerius (www.aerius.nl) wordt gebruikt.

Tabel 5.2 Landbouwareaal per aandachtsgebied in de referentieraming 2030 (RR) en ten gevolge van scenario S1 en S2 (in 1000 ha). Het areaal dat in scenario S1 en S2 wordt omgezet in onbemest grasland is ook weergegeven (in 1000 ha).

Aandachtsgebied	Landbouwareaal (x1000 ha) ¹⁾			Omgezet in onbemest grasland (x 1000 ha)	
	RR	S1	S2	S1	S2
Natuur	105	102	50	2,9	54,8
Overgangsgebieden	197	192	111	4,7	86,2
Veenweiden	109	105	105	4,1	4,1
Beekdalen buiten NNN en Overgangsgebieden	32	32	32	0,5	0,5
Overig	1.288	1.255	1255	33,0	33,0
Totaal	1.731	1.685	1.552	45,3	178,7

¹⁾ In geval er sprake is van overlap tussen de aandachtsgebieden wordt het areaal toebedeeld aan het eerstgenoemde aandachtsgebied. Het areaal aan bufferzones in beekdalen waar sprake is van een KRW-opgave is in de praktijk dus groter dan hier in deze tabel vermeld staat.

5.3.2 Veestapel

De maatregel 20% krimp van de veestapel is in scenario S1 uitgewerkt als generieke reductiemaatregel. Dat wil zeggen dat de veestapel in Nederland overall krimpt met 20%. In scenario S2 is uitgegaan van een meer gebiedsgerichte krimp op basis van extensivering van de landbouw in de aandachtsgebieden. Om de vergelijking met scenario S1 goed te kunnen maken en verschillende diersoorten bij elkaar te kunnen optellen, is uitgegaan van 20% reductie in fosfaatexcretie van het vee.¹⁷ Tabel 5.3 geeft voor scenario S1 en S2 de reductie in de veestapel weer, uitgesplitst naar de aandachtsgebieden en weergegeven in fosfaatexcretie. In scenario S2 is in de natuur- en de veenweidegebieden de krimp van de veestapel slechts enkele procentpunten hoger dan in scenario S1. Voor de overgangsgebieden, de bufferzones in beekdalen waar sprake is van een KRW-opgave en de bedrijven met de hoogste depositiebijdrage halveert de veestapel grofweg in scenario S2 ten opzichte van de referentieraming 2030. In de overige gebieden vindt – in tegenstelling tot scenario S1 – geen krimp van de veestapel plaats in scenario S2. In Bijlage 4 staat een uitwerking naar provincies.

Tabel 5.3 Fosfaatexcretie van vee (in kton P₂O₅) per aandachtsgebied in de referentieraming 2030 (RR), scenario S1 (generieke reductie) en scenario S2 (gebiedsgedifferentieerde reductie).

Aandachtsgebied	P-excretie (kton P)			Reductie (%) t.o.v. RR	
	RR	S1	S2	S1	S2
Natuur	2,7	2,2	2,1	20%	21%
Overgangsgebieden	10,4	8,3	4,7	20%	55%
Veenweiden	9,2	7,4	6,9	20%	25%
Bufferzones in beekdalen buiten Natuur en Overgangsgebieden	4,8	3,8	2,1	20%	57%
Depositiepotentie-reductie 10% grootste piekbelasters	40,0	32,0	21,1	20%	47%
Overig	83,4	66,7	83,4	20%	0%
Totaal	150,5	120,3	120,3	20%	20%

5.3.3 Bemesting, mesttransport en het mestoverschot

De dierlijke mestgiften (Tabel 5.4) laten zowel bij scenario S1 als bij scenario S2 op landelijke schaal een reductie van ruim 15% in stikstoftoediening met dierlijke mest zien als gevolg van het vervallen van de derogatie. In de referentieraming 2021 werd voor 2030 nog uitgegaan van de derogatie die in 2021 gold. Per provincie zijn verschillen relatief groot. Zo nemen in provincies met relatief veel melkveehouderijbedrijven met derogatie, zoals Friesland en Utrecht, de dierlijke mestgiften met ruim 25% af. In provincies met veel akkerbouw, zoals Zeeland en Flevoland, nemen de dierlijke mestgiften met maximaal 5% af.¹⁸ In Bijlage 4 zijn de gemiddelde toedieningen van stikstof en fosfaat per provincie in basisjaar 2020, referentieraming 2030 en scenario S1 en S2 gepresenteerd.

¹⁷ De varkens- en pluimveerechten en fosfaatrechten voor melkvee zijn ook gebaseerd op fosfaatexcretie.

¹⁸ Hierbij geldt wel dat we voor de referentieraming 2030, Scenario S1 en S2, net als in het basisjaar 2020, een maximale acceptatie van 100 kg N/ha aan dierlijke mest door de akkerbouw veronderstellen.

De stikstofkunstmestgiften (Tabel 5.4) laten in scenario S1 een landelijk gemiddelde toename van 13% zien, als gevolg van compensatie van de afname in (werkzame) stikstofgift via dierlijke mest door het vervallen van derogatie. De toename in stikstofgiften met kunstmestgiften is volgend aan de afname van giften van dierlijke mest: een kleine toename in Zeeland en Flevoland en een grote toename in Friesland en Utrecht. scenario S2 laat daarentegen op landelijke schaal een lichte afname in kunstmestgiften zien (1%) ten opzichte van referentieraming 2030. Dit is het effect van de extensivering (geen kunstmest in de zones N en O, reductie in kunstmestgebruik in zones B en V). Stoppen of verminderen van kunstmestgiften in de aandachtsgebieden compenseert in dit geval dus de toename van kunstmestgiften als gevolg van het vervallen van de derogatie. In provincies met een relatief groot areaal aan extensiverende zones en een klein aandeel derogatie (zoals Limburg) is de kunstmestafname groot (18%), terwijl er in Friesland met weinig zones en veel derogatie sprake is van een toename in kunstmestgebruik (7%).

Tabel 5.4 Overzicht van dierlijke en kunstmestgiften van stikstof (kg N/ha) per provincie in de referentieraming 2030 (RR) en de relatieve veranderingen als gevolg van scenario S1 en S2.

Provincie	N Dierlijke mestgift (kg/ha)			N kunstmest (kg/ha)		
	RR	Verandering (t.o.v. RR)		RR	Verandering (t.o.v. RR)	
		S1	S2		S1	S2
Drenthe	182	-15%	-13%	97	9%	-4%
Flevoland	168	-5%	-4%	87	5%	4%
Friesland	219	-27%	-25%	160	21%	7%
Gelderland	196	-19%	-19%	148	14%	-2%
Groningen	182	-14%	-12%	127	9%	4%
Limburg	149	-8%	-8%	82	4%	-18%
Noord-Brabant	163	-11%	-9%	90	9%	0%
Noord-Holland	188	-17%	-16%	139	14%	-4%
Overijssel	202	-21%	-22%	131	17%	-7%
Utrecht	215	-25%	-25%	172	21%	-4%
Zeeland	150	-3%	0%	98	3%	-4%
Zuid-Holland	188	-19%	-17%	146	15%	-7%
Nederland	185	-17%	-16%	124	13%	-1%

In Tabel 5.5 zijn de veranderingen in dierlijke mesttransporten (van provincies met een mestoverschot naar provincies met een mesttekort; *Transport dierlijke mest*) en de mate waarin de in de betreffende provincie geproduceerde mest in eigen provincie kan worden afgezet – inclusief de verwerkte/geëxporteerde mest (*Niet-plaatsbare dierlijke mest*) – gegeven, beide gebaseerd op N.

Tabel 5.5 Overzicht van dierlijke mesttransporten tussen provincies (<0 = export) en de niet te plaatsen hoeveelheid dierlijke mest (kton N) per provincie in de referentieraming 2030 (RR) en de relatieve veranderingen als gevolg van scenario S1 en S2.

Provincie	Transport dierlijke mest (kton N)			Niet-plaatsbare dierlijke mest (kton N)		
	RR	Verandering (t.o.v. RR)		RR ¹⁾	Verandering (t.o.v. RR)	
		S1	S2		S1	S2
Drenthe	3,9	9%	-49%	1,6	-39%	29%
Flevoland	7,6	6%	13%	1,4	-29%	-47%
Friesland	-1,5	145%	183%	7,1	-11%	62%
Gelderland	-7,2	2%	-41%	20,4	-34%	-31%
Groningen	6,7	-4%	-43%	0,8	-56%	152%
Limburg	-3,2	-43%	-38%	15,0	-36%	-34%
Noord-Brabant	-16,3	-15%	-39%	37,8	-43%	-24%
Noord-Holland	5,8	-11%	-38%	0,5	5%	112%
Overijssel	-7,3	4%	-17%	16,2	-35%	-9%
Utrecht	-1,7	34%	-10%	4,0	-25%	-4%
Zeeland	9,4	2%	-21%	-1,7	10%	12%
Zuid-Holland	3,9	-18%	-28%	1,5	-18%	56%
Nederland	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	104,7	-36%	-15%

¹⁾ Dit is inclusief de verwerkte/geëxporteerde mest, waarvan een groot gedeelte uit pluimveemest bestaat en waarvan is aangenomen dat die in RR, net als in het basisjaar 2020, vrijwel volledig wordt verwerkt.

6 Resultaten scenario's: emissies en doelbereik

In dit hoofdstuk worden de effecten van de scenario's met maatregelenpakketten op waterkwaliteit, broeikasgasemissies, koolstofvastlegging, CO₂-emissie uit veen en ammoniakemissie weergegeven en getoetst aan de in hoofdstuk 4 beschreven doelen. De doelen en effecten van de scenario's voor doelbereik zijn weergegeven op provincieniveau. In Bijlage 7 en 8 wordt voor verschillende emissies meer differentiatie in de resultaten gebracht, dat wil zeggen emissies per grondwaterlichaam en waterschapsgebied voor waterkwaliteit en per stikstofgevoelig Natura 2000-gebied voor ammoniak.

6.1 Waterkwaliteit

6.1.1 Nitraatconcentraties in uitspoelingswater onder de wortelzone van de bodem

Figuur 6.1 geeft de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater onder landbouwpercelen per provincie in het basisjaar 2020 en voor de referentieraming 2030 in het jaar 2045.¹⁹ De gemiddelde nitraatconcentratie is in bijna alle provincies in 2045 onder de drinkwaternorm van 50 mg/L NO₃. Alleen in Limburg is de nitraatconcentratie met gemiddeld 69 mg/L hoger dan 50 mg NO₃/L. In Noord-Brabant is de gemiddelde nitraatconcentratie in 2020 nog boven de 50 mg/L, maar in de referentieraming 2030 gemiddeld 43 mg/L in 2045.

De grootste afnames in nitraatconcentratie tussen basisjaar 2020 en de referentieraming 2030 en de twee scenario's zijn zichtbaar in de provincies Noord-Brabant en Limburg. Deze afnames worden voor het grootste deel gerealiseerd door autonome ontwikkelingen in de referentieraming 2030, omdat er is aangenomen dat er in 2030 door strengere handhaving geen overbemesting meer plaatsvindt.²⁰

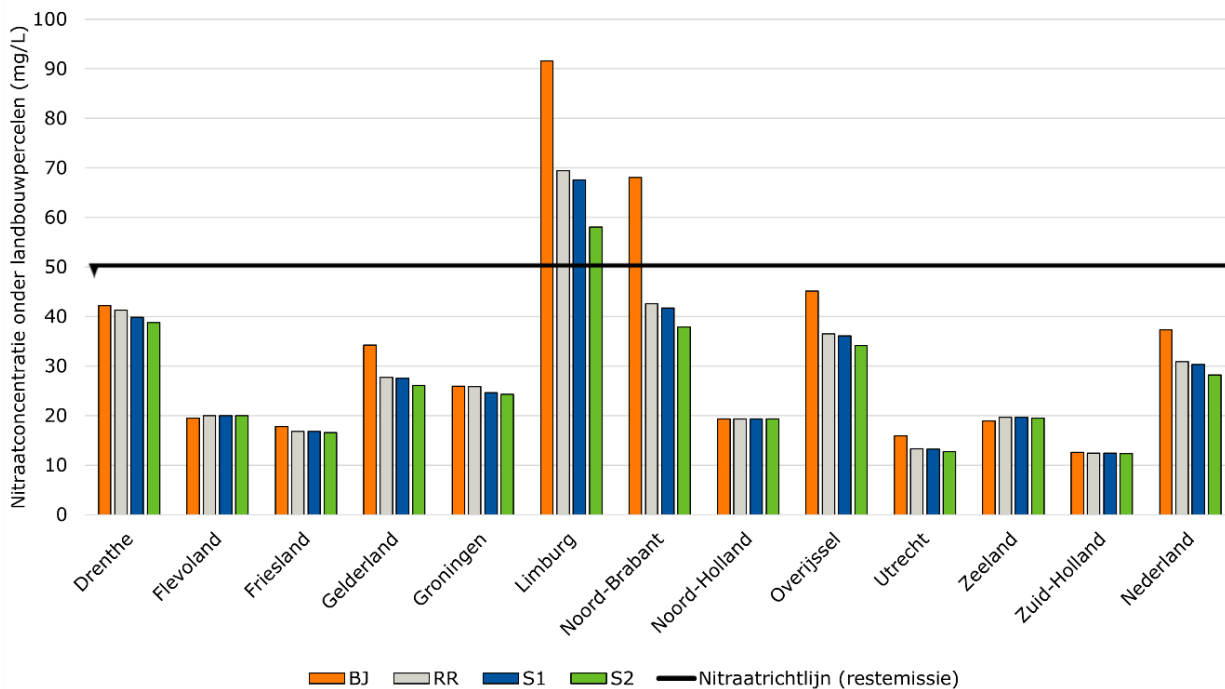
De implementatie van beide scenario's resulteert in een verdere afname van de nitraatconcentratie. Het effect van de afzonderlijke maatregelen op nitraatuitspoeling naar het grondwater is niet doorgerekend, maar er wordt verwacht dat vooral de maatregelen 'korting op de gebruiksnormen (dierlijke mest en stikstof) met 10%', 'meer rustgewassen in het bouwplan' en 'meer toepassing van vanggewassen' tot minder nitraatuitspoeling zal leiden. In scenario S2 leiden vooral de vermindering van de bemesting in bufferzones in de beekdalen en in de natuur- en overgangsgebieden tot een verdere vermindering van de nitraatuitspoeling. Deze extensivering draagt bij aan een verlaging van de gemiddelde nitraatconcentratie. In Limburg en Noord-Brabant neemt de nitraatconcentratie in scenario S2 met respectievelijk 11 en 5 mg/L af ten opzichte van de concentraties in de referentieraming 2030. In de andere zandprovincies bedraagt de afname slechts 2-3 mg/L in scenario S2.

De vermindering in nitraatuitspoeling door de maatregelen is het grootst in Limburg, Noord-Brabant en Overijssel. In deze provincies zijn ook de grootste arealen bufferzones in beekdalen ingesteld in scenario S2 (zie Tabel 5.4). Het wegvallen van de derogatie leidt waarschijnlijk ook tot minder nitraatuitspoeling, omdat er minder dierlijke mest wordt aangewend, hoewel meer kunstmest wordt gebruikt. Echter, de werking van kunstmest is hoger dan van dierlijke mest, waardoor er in totaal minder stikstof wordt toegediend zonder derogatie en het risico op nitraatuitspoeling dus afneemt. Meer weidegang leidt daarentegen tot meer nitraatuitspoeling, omdat dan meer weidemest op een perceel terecht komt en de benutting van stikstof uit weidemest lager is dan die uit drijfmest.

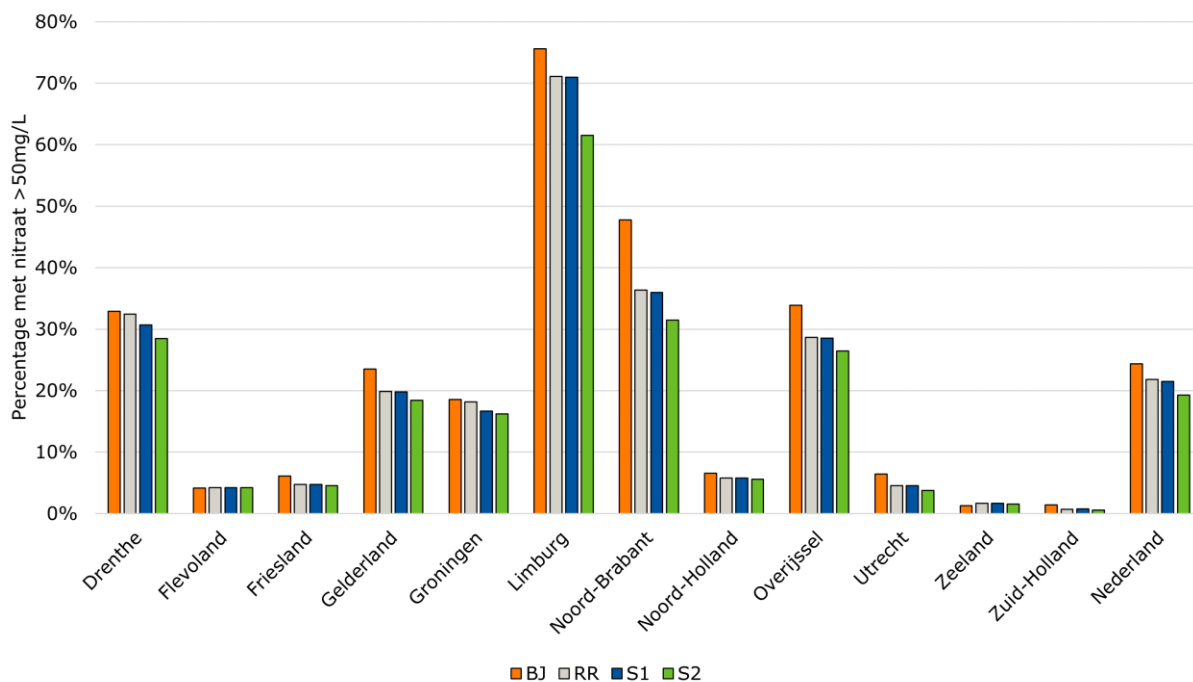
¹⁹ Omdat de responsetijd van de bodem traag is, zijn de modelsimulaties tot 2045 voortgezet om de effecten van de maatregelen op de middellange termijn zichtbaar te maken. Op een termijn van 7 jaar (2027 als zichtjaar voor KRW) of een termijn van 10 jaar (2030 als zichtjaar voor N) zijn nog weinig effecten te verwachten, mede omdat de maatregelen geleidelijk tot aan 2030 worden geïmplementeerd.

²⁰ Overbemesting betekent dat er gemiddeld meer bemest wordt met dierlijke mest dan volgens de gebruiksnorm is toegestaan (zie Bijlage 2).

Voor de provincies met gemiddeld lagere nitraatconcentraties dan Limburg en Noord-Brabant (die in het basisjaar 2020 gemiddeld genomen al onder de drinkwaternorm lagen) is het absolute effect van de maatregelen op nitraatuitspoeling veel kleiner. Voor akkerbouwprovincies als Zeeland en Flevoland is zelfs een lichte toename tussen basisjaar 2020 en referentieraming 2030 in nitraatconcentratie te zien, ondanks een afname van het stikstofoverschot op de bodembalans (Bijlage 6). Dit komt doordat nitraatconcentraties in het grondwater een na-ijling hebben van enkele jaren op veranderingen in stikstofbodemoverschot.



Figuur 6.1 Gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater van landbouwpercelen per provincie in mg/L in het basisjaar 2020 (BJ; oranje), referentieraming 2030 (RR; grijs), scenario S1 (blauw) en scenario S2 (groen). De zwarte lijn geeft de drinkwaternorm van 50 mg nitraat/L weer. Resultaten van modelberekeningen met ANIMO/LWKM met (voor RR, S1 en S2) simulaties tot 2045.



Figuur 6.2 Percentage van het landbouwoppervlak in provincies met een nitraatconcentratie in het uitspoelingswater waar niet aan de norm van 50 mg nitraat/L wordt voldaan, in het basisjaar 2020 (BJ; oranje) en berekend tot en met 2045 voor referentieraming 2030 (RR; grijs), scenario S1 (blauw) en scenario S2 (groen). Resultaten van modelberekeningen met ANIMO/LWKM met (voor RR, S1 en S2) simulaties tot 2045.

Ondanks dat gemiddeld genomen in de meeste provincies de nitraatconcentratie onder de norm van 50 mg/L zit, laat Figuur 6.2 zien dat er in iedere provincie ook nog sprake is van landbouwareaal dat niet voldoet aan deze norm. In Limburg, Overijssel, Gelderland en Noord-Brabant neemt het areaal met overschrijding van de drinkwaternorm het meeste af in de referentieraming 2030 (t.o.v. het basisjaar 2020) vanwege minder overbemesting. Door het nemen van de maatregelen neemt in scenario S2 het deel van het landbouwareaal in provincies met een nitraatconcentratie hoger dan 50 mg/L verder af dan in scenario S1 ten opzichte van de referentieraming 2030. Dit speelt met name in de provincies met veel uitspoelingsgevoelige zandgronden. Het effect van de maatregelen in scenario S1 is maar klein ten opzichte van de referentieraming 2030.

In aanvulling op het provinciale beeld geven de resultaten voor de KRW-grondwaterlichamen in Bijlage 7 een meer gedifferentieerd beeld per provincie.

6.1.2 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar oppervlaktewater

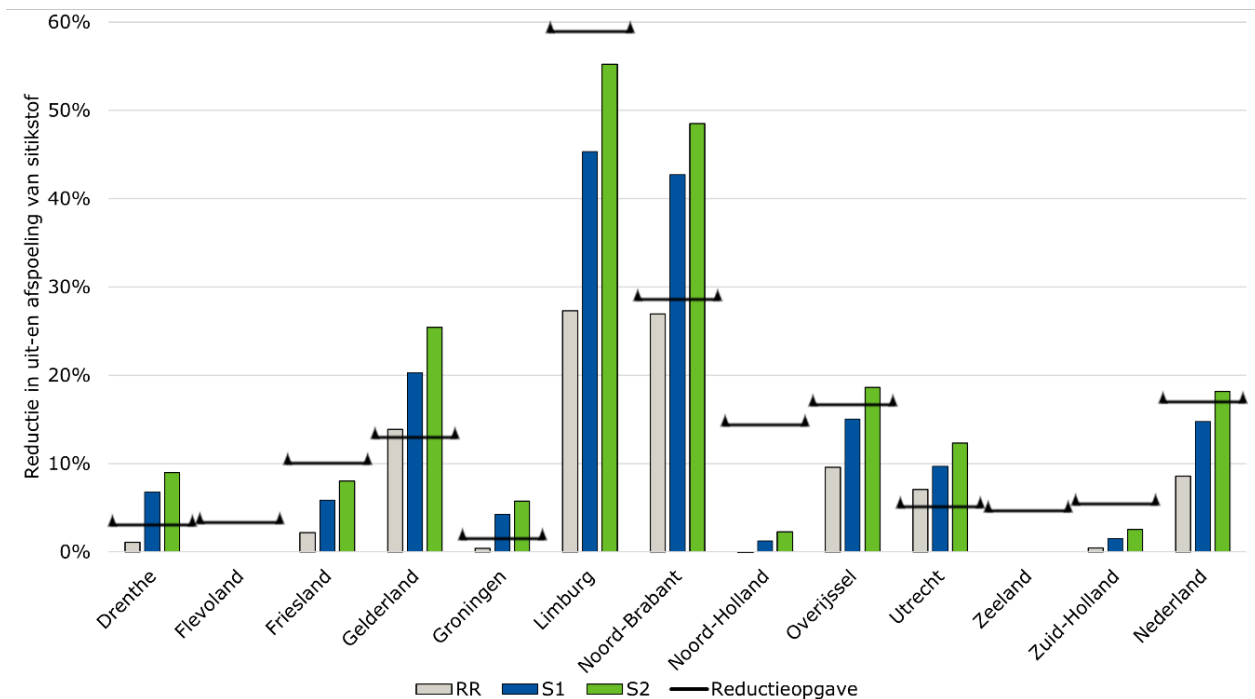
Uit- en afspoeling van stikstof naar oppervlaktewater

In Figuur 6.3 is de vermindering van de uit- en afspoeling van stikstof uit landbouwgronden naar het oppervlaktewater per provincie weergegeven als percentage voor referentieraming 2030 en scenario S1 en S2 ten opzichte van het basisjaar 2020. Deze percentages volgen uit Figuur 4.3 en zijn hier als doel neergezet.

Voor provincies Limburg en Noord-Brabant is een hogere waarde voor de procentuele vermindering van de uit- en afspoeling berekend dan voor de overige provincies. Dat maakt de absolute opgaven niet per se groter. In deze provincies bedraagt de benodigde reductie ca. 5 à 6 kg aan uitspoeling per hectare per jaar; dit is ongeveer van dezelfde orde grootte als de benodigde vermindering in Noord-Holland. Wel is de uit- en afspoeling in Noord-Holland in de uitgangssituatie veel hoger.

Tussen provincies zijn grote verschillen te zien. In de provincies Drenthe, Gelderland, Groningen, Noord-Brabant en Utrecht wordt in alle scenario's aan de reductieopgave voldaan. In de provincie Overijssel wordt

alleen voldaan aan de reductiedoelstelling in S2 en in de provincies Flevoland, Friesland, Limburg, Noord-Holland, Zuid-Holland en Zeeland wordt niet aan de reductieopgave voldaan.



Figuur 6.3 Reductiepercentage in uit- en afspoeling van stikstof naar KRW-wateren in 2045 in de referentieraming 2030 (RR; grijs), scenario S1 (blauw) en scenario S2 (groen), ten opzichte van de huidige situatie (BJ; 2020). Reductiepercentages worden vergeleken met de reductieopgave (zwart). Resultaten van modelberekeningen met ANIMO/LWKM met simulaties tot 2045.

In de provincies met veel klei- en veengronden, zoals Flevoland, Zeeland, Noord-Holland en Zuid-Holland, is het effect van de referentieraming 2030 en de twee scenario's gering. De doelen worden hier niet gehaald. In provincies met zandgronden worden de doelen wel gehaald in een of beide scenario's. De maatregelenpakketten hebben een groter effect op zandgronden dan op veen- en kleigronden. Hierbij wordt opgemerkt dat:

- Veel kleigronden zijn gedraineerd, waardoor het effect op deze gronden kleiner is dan op niet-gedraineerde gronden.
- De respons op veranderde bodemoverschotten is voor veen- en kleigronden kleiner dan voor zandgronden vanwege de hogere achtergrondbelasting van stikstof en fosfor op veen- en kleigronden.
- Vernatting van veengronden zal naar verwachting leiden tot een lagere stikstofuitspoeling naar het oppervlaktewater, omdat transportroutes door de bodem minder diep gaan en de bijdrage van nutriëntenrijke kwel afneemt (Hendriks en Van den Akker, 2012). Het effect van vernatting van veengronden op de fosforuitspoeling is niet eenduidig en sterk afhankelijk van lokale omstandigheden.

In Bijlage 7 zijn berekende reducties per waterschapsgebied weergegeven.

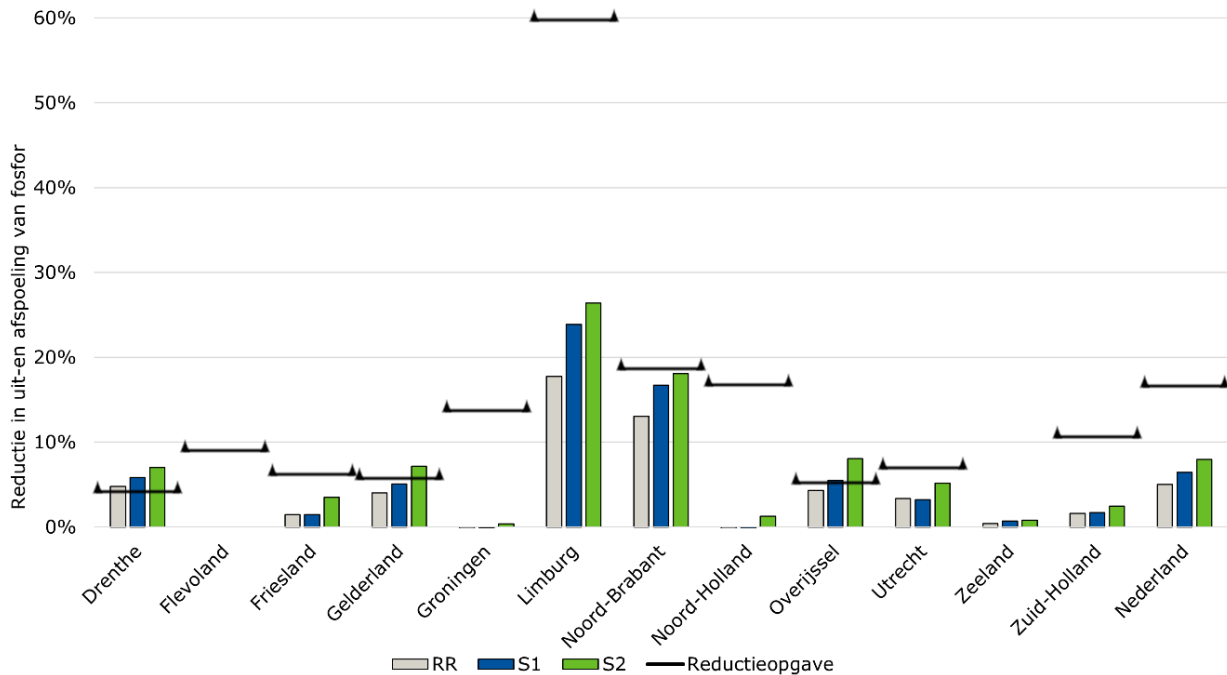
Uit- en afspoeling van fosfor naar oppervlaktewater

Figuur 6.4 geeft de resultaten per provincie weer van de vermindering van de uit- en afspoeling van fosfor naar oppervlaktewater als percentages voor de referentieraming 2030 en de twee scenario's ten opzichte van het basisjaar 2020. Evenals voor stikstof is de landelijk gemiddelde reductieopgave afgeleid als een areaal gewogen gemiddelde van de provinciale reductieopgaven. De resulterende reductiepercentages worden vergeleken met de provinciale reductieopgaven zoals uitgewerkt in Figuur 4.4.

De provincie Limburg heeft de grootste procentuele reductieopgave om de uit- en afspoeling van P te verminderen. Echter, in absolute zin is de gemiddelde reductieopgave voor deze provincie met 0,25 kg/ha P

niet veel groter dan de opgave voor de provincie Noord-Brabant (0,21 kg/ha P). Evenals voor stikstof is de landelijk gemiddelde reductieopgave voor fosfor afgeleid als een areaal gewogen gemiddelde van de provinciale reductieopgaven.

Aan de provinciale reductieopgave wordt alleen voldaan in de provincies Drenthe en Overijssel (in beide scenario's) en in Gelderland in scenario S2. In de provincies Flevoland, Friesland, Groningen, Limburg, Noord-Brabant, Noord-Holland, Utrecht en Zuid-Holland wordt niet aan de provinciale reductieopgave voldaan. De provincie Zeeland kent geen reductieopgave, omdat geen normen voor P zijn afgeleid vanwege de hoge fosforconcentraties die daar van nature in de zoute en brakke wateren voorkomen.



Figuur 6.4 Reductiepercentage in uit- en afspoeling van fosfor naar KRW-wateren in 2045 voor de referentieraming 2030 (RR; grijs), scenario S1 (blauw) en scenario S2 (groen), ten opzichte van de uit- en afspoeling in het basisjaar 2020. Reductiepercentages worden vergeleken met de reductieopgave (zwart). Resultaten modelberekeningen met ANIMO/LWKM met simulaties tot 2045. De provincie Zeeland kent geen reductieopgave, omdat daar geen normen voor P zijn afgeleid vanwege de daar van nature voorkomende hoge fosforconcentraties in zoute en brakke wateren.

Bekend is dat de fosforuitspoeling langzaam reageert op veranderende mestgiften en veranderende fosfaatbodemoverschotten (Schoumans en Groenendijk, 2000). Ondanks de trage respons van de P-uitspoeling op veranderingen zijn toch effecten van de maatregelen in scenario 1 en 2 zichtbaar in Figuur 6.4. De berekende effecten zijn het gevolg van de verminderde mestgiften, waarbij het verschil tussen basisjaar 2020 en referentieraming 2030 vooral bepaald wordt door het niet meer bemesten boven de gebruiksnormen.

De berekende procentuele reductie in uit- en afspoeling van fosfor in provincies Limburg en Noord-Brabant in scenario S1 ten opzichte van de referentieraming 2030 hangt voor een belangrijk deel af van de verminderde bemesting in de 3 m-bufferstroken langs watervoerende waterlopen. Effecten van extensievere landbouw in de bufferzones in beekdalen zijn eveneens zichtbaar in de provincies waar deze zijn toegepast in scenario S2 (Overijssel, Gelderland, Utrecht, Noord-Brabant en Limburg). In Drenthe is het effect hiervan heel beperkt, omdat het voor deze provincie slechts een klein areaal betreft. Zie hiervoor Tabel 5.2.

Evenals voor stikstof zijn de effecten van de maatregelen het kleinst in de provincies waar een substantieel deel van de uit- en afspoeling wordt veroorzaakt door achtergrondbelasting. De bijdrage van achtergrondbelasting is verdisconteerd in de gestelde doelen voor de provincies, maar omdat de inschatting

van de achtergrondbelasting grote onzekerheden kent, gaan ook de afgeleide doelen voor landbouw gepaard met onzekerheden.

6.1.3 Discussie en conclusies

Nitraat in grondwater

Het voorkomen van overbemesting, zoals in deze studie uitgangspunt was van de referentieraming 2030, geeft een grote reductie ten opzichte van 2020, waarin wel een berekende overbemesting plaats vond. Extensiveren van het grondgebruik in de aandachtsgebieden (omzetting naar onbemest grasland) in scenario S2 leidt eveneens tot minder nitraatuitspoeling.

De ruimtelijke schaal waarop nitraatconcentraties moeten worden getoetst of aan de norm is voldaan is niet scherp gedefinieerd in de Nitraatrichtlijn. Momenteel wordt door Nederland getoetst en gerapporteerd met gemiddelde concentraties op grondsoortenregio's (klei, veen, zuidelijk zand- en lössgebied, centraal en noordelijk zandgebied) (Fraters et al., 2020). Het gemiddeld per provincie of regio voldoen aan de nitraatnorm betekent nog niet dat geen inspanning geleverd zou hoeven worden om op een lager schaalniveau te voldoen aan de norm. Op grond van het concept van de Derogatiebeschikking (sept. 2022) mag niet uitgesloten worden dat in de toekomst een nadere differentiatie in gebieden zal plaatsvinden naar bijvoorbeeld waterlichaam of grondwaterbeschermingsgebieden waar gemiddeld aan de nitraatnorm moet worden voldaan. Lokaal maatwerk met aanvullende maatregelen zal nodig zijn om overal de normen te gaan halen, zoals een lagere bemesting en minder uitspoelingsgevoelige gewassen in de gewasrotatie.

Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar oppervlaktewater

Het voorkomen van overbemesting, het extensiveren van de landbouw in de bufferzones in beekdalen en de aanleg van bufferstroken op percelen langs de waterlopen zullen een belangrijke rol spelen voor het realiseren van doelstellingen. De gestelde doelstellingen voor reductie van de stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater om aan de doelen voor waterkwaliteit te voldoen, worden niet in iedere provincie gehaald. Dit speelt met name in de provincies met veel akkerbouw op kleigrond. Scenario S1 en S2 leiden hier tot een beperkte reductie in stikstof- en fosforuitspoeling. Er wordt in de scenario's van uitgegaan dat het dierlijke mestgebruik iets toeneemt in de akkerbouwgebieden (vanwege afschaffing derogatie), waardoor de uitspoeling van met name stikstof iets toeneemt. Daarnaast worden veel percelen in deze gebieden met buisdrainage gedraineerd, waardoor het effect van bufferstroken op uitspoeling beperkt zal zijn. Net als bij de nitraatdoelstelling zal voor de KRW-doelstellingen ook differentiatie plaatsvinden naar KRW-lichamen, zodat het realiseren van een provinciale doelstelling nog niet betekent dat in alle lichamen wordt voldaan aan de KRW-doelstelling.

Er zijn nog extra maatregelen mogelijk die tot een verbetering van de waterkwaliteit kunnen leiden, zoals verdere verlaging van de mestgiften, uitmijnen van fosfaat door de teelt van een gras-klavermengsel met enkel kalibemesting), hydrologische maatregelen (o.a. verwijderen van buisdrainage) en end-of-pipe maatregelen (o.a. met ijzer omhulde drains om fosfor te verwijderen, houtsnippers in drains om stikstof te verwijderen, helofytenfilters in het oppervlaktewater). De BOOT-lijst (DAW, 2022) bevat enkele tientallen maatregelen ten aanzien van bodem-, water- en nutriëntenbeheer waarmee de uit- en afspoeling verminderd kan worden.

Effecten van een gewijzigde hydrologische situatie in de veenweiden, overgangsgebieden en bufferzones in beekdalen en het eventueel uit productie nemen van landbouwgronden zijn niet verdisconteerd in de resultaten, maar kunnen wel een effect hebben op uitspoeling. Hogere grondwaterstanden zouden voor de uit- en afspoeling van fosfor kunnen betekenen dat deze in de komende tientallen jaren groter zal zijn dan in een ongewijzigde hydrologische situatie. Op de lange termijn treedt naar verwachting weer een nieuw evenwicht op. Of dit evenwicht hoger of lager zal zijn dan de huidige situatie hangt van de maatregel af. Bij extensieve landbouw in combinatie met fosfaatuitmijning is een lagere uitspoeling van fosfor te verwachten. Als gronden uit productie worden genomen, vindt geen afvoer meer plaats dan alleen via uit- en afspoeling en is de kans aanwezig dat door nattere omstandigheden (fosfaat mobieler) de uitspoeling hoger zal zijn dan in de huidige situatie.

6.2 Emissie van broeikasgassen

6.2.1 Methaan- en lachgasemissies

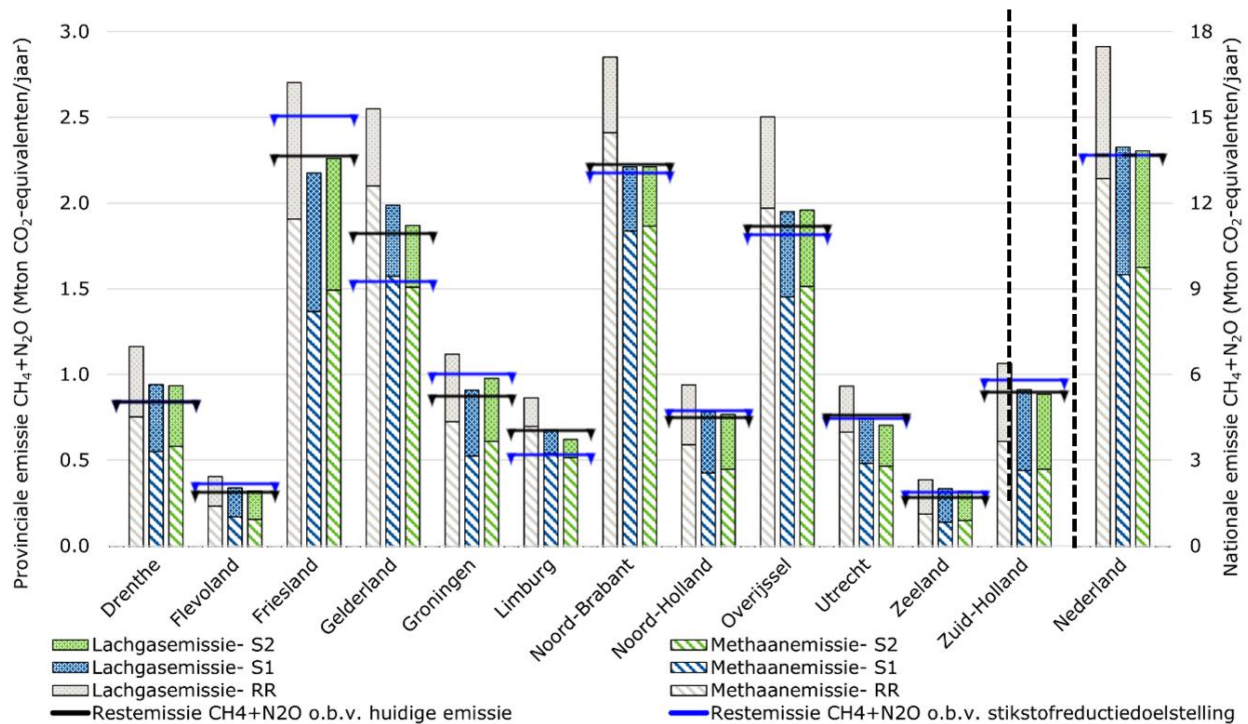
Figuur 6.5 geeft de methaan- en lachgasemissies in CO₂-equivalenten per provincie weer in de referentieraming 2030 en scenario S1 en S2. De methaan- en lachgasemissies worden vergeleken met de nationale en provinciale (via twee verdeelsleutels) restemissies zoals geformuleerd in paragraaf 4.2.

De nationale doelstelling van maximaal 13,7 Mton CO₂-equivalenten wordt in scenario S1 en S2 bijna behaald: de emissie in scenario S1 is 14,1 Mton CO₂-equivalenten en in scenario S2 13,9 Mton CO₂-equivalenten. Op provinciaal niveau worden de doelstellingen ook nagenoeg gerealiseerd. De regionale doelstelling op basis van de verdeelsleutel naar rato van de huidige emissies (zwarte lijn in Figuur 6.5) wordt niet overschreden in de provincies Friesland (S1), Limburg (S2) Noord-Brabant (S1 en S2) en Utrecht (S1 en S2). De overschrijdingen in de overige provincies zijn relatief klein: uitgezonderd Drenthe, Groningen (S2) en Zeeland, waar een relatief lage doelstelling is, wordt de provinciale doelstelling in alle andere provincies met maximaal 10% overschreden.

De regionale doelstelling op basis van de verdeelsleutel van de ammoniak-reductieopgave (blauwe lijn in Figuur 6.5) wordt niet overschreden in de provincies Flevoland, Friesland, Groningen, Utrecht (S2) en Zuid-Holland. Opvallend is dat in Friesland het doel ruim behaald wordt, terwijl in Gelderland en Limburg de doelen bij lange na nog niet worden behaald. Oorzaak is dat in Friesland de verhouding tussen de ammoniakemissie en de methaan- en lachgasemissie anders is dan in Gelderland en Limburg vanwege de dominante aanwezigheid van melkveehouderij en de geringe aanwezig van de varkens- en pluimveehouderij.

Wat verder opvalt in Figuur 6.5 is dat de broeikasgasemissie in scenario S2 in enkele provincies, zoals Groningen, hoger is dan in scenario S1. Dit effect is vooral te zien bij de methaanemissie (gestreepte staven) en wordt veroorzaakt doordat in scenario S2 de krimp van de rundveestapel kleiner is dan in scenario S1 (zie ook Tabel B4.2). Daardoor nemen de methaanemissies uit pensfermentatie en mest in Nederland in scenario S1 meer af (30%) dan in scenario S2 (28%) ten opzichte van de referentieraming 2030. Daarmee wordt de benodigde methaanreductie voor de Methane Pledge (30% reductie in 2030 t.o.v. 2020) wel in scenario S1 behaald, maar net niet in scenario S2.

In tegenstelling tot methaan is de emissie van lachgas in scenario S2 in alle provincies lager dan in scenario S1 (Figuur 6.5). Dit is het gevolg van afname in toepassing van dierlijke mest en kunstmest in S2, door het minder en niet bemesten in de aandachtsgebieden, waardoor de lachgasemissie afneemt. Daarentegen neemt de lachgasemissie van beweiding juist toe in scenario S2. Dat komt doordat er in dit scenario meer uren beweid wordt in de veenweidegebieden. Beweiding op veen heeft een hogere lachgas-emissiefactor dan op zand en klei, waardoor de lachgasemissie in deze aandachtsgebieden juist meer toeneemt.



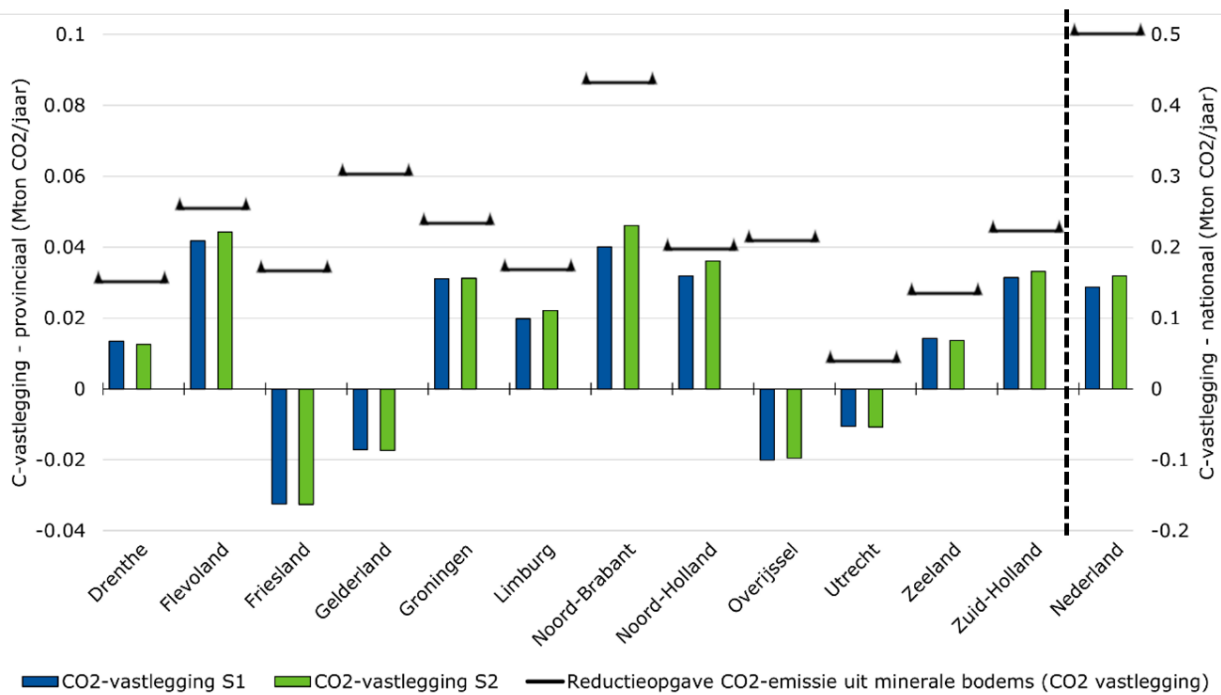
Figuur 6.5 Methaan- en lachgasemissies in 2030 in referentieraming 2030 (RR) (grijs), S1 (blauw), en S2 (groen) in CO₂-equivalenten per jaar, vergeleken met de restemissie op basis van de verdeling volgens de huidige emissie (zwart) en de ammoniakreductiedoelstellingen (blauw). Op de linker y-as de provinciale emissies en op de rechter y-as de nationale emissies. Resultaten modelberekeningen met INITIATOR, exclusief emissies uit energieverbruik.

6.2.2 Koolstofvastlegging minerale bodems

Figuur 6.6 geeft de resultaten weer voor de CO₂-vastlegging in de bodem per provincie als gevolg van de maatregelen in scenario S1 en S2, ten opzichte van de referentieraming 2030. Met de geselecteerde maatregelen worden de doelen niet gerealiseerd. Van de landelijke doelstelling van 0,5 Mton CO₂ extra vastlegging, wordt 0,14 Mton CO₂ gerealiseerd in scenario S1 en 0,16 Mton CO₂ in scenario S2. Een belangrijke reden voor de geringe extra koolstofopslag in de provincies is de afschaffing van de derogatie. Voor enkele provincies, zoals Friesland, Gelderland en Overijssel (met veel grasland en derogatiebedrijven), pakt het zelfs negatief uit (d.w.z. er gaat netto koolstof verloren uit minerale landbouwgronden).

Door de afschaffing van de derogatie wordt op grasland minder rundermest op grasland komen. Daar neemt de koolstofopslag af. In de akkerbouw, waar een deel van de varkensmest vervangen wordt door rundermest, welke een hoger koolstofgehalte heeft, zal de koolstofopslag toenemen. Echter per saldo leidt de afschaffing van de derogatie tot een afname in de koolstofvastlegging van ongeveer 200 kton CO₂ per jaar. Vanwege de impact van het afschaffen van de derogatie is in Bijlage 8 een aanvullende variant uitgewerkt waarin de maatregelen zijn doorgerekend zonder het vervallen van de derogatie. Ook met derogatie zal het doel niet gehaald worden met de in deze studie gekozen maatregelenpakketten.

In scenario S2 is de netto koolstofvastlegging iets hoger dan in scenario S1, doordat in scenario S2 het akkerbouwareaal dat is gelegen in het Natuurnetwerk Nederland en de overgangsgebieden omgezet wordt in onbemest grasland. De extra koolstofvastlegging is echter beperkt, aangezien er geen koolstof wordt aangevoerd met dierlijke mest en er door minder biomassa wordt gevormd dan in bemest productiegrasland. Met aanvullende maatregelen (bijv. stro achterlaten) of een striktere invulling van de in deze studie gehanteerde maatregelen (bijv. hoger aandeel rustgewassen of omzetting van snijmais naar blijvend grasland) zijn er nog wel mogelijkheden om extra koolstofvastlegging te behalen.

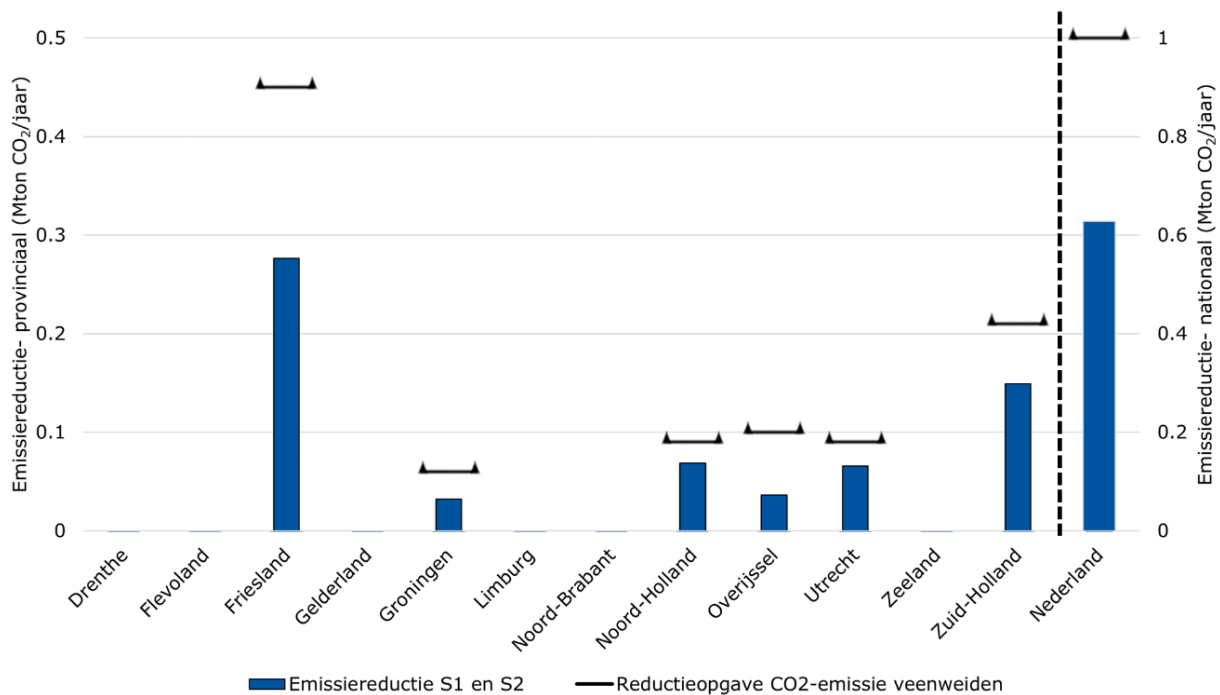


Figuur 6.6 Koolstofvastlegging in minerale landbouwbodems ten opzichte van referentieraming 2030 (RR) in S1 (blauw) en S2 (groen) in Mton CO₂/jaar, vergeleken met de provinciale reductiedoelstellingen van CO₂ (zwart). Op de linker y-as de provinciale emissies en op de rechter y-as de nationale emissies. Resultaten van modelberekeningen met RothC.

6.2.3 Emissies van CO₂ uit veengronden

In Figuur 6.7 is de emissiereductie van CO₂ uit organische bodems per provincie weergegeven als gevolg van de genomen maatregelen in scenario S1 en S2. Deze worden vergeleken met de gestelde doelen uit hoofdstuk 3. Alleen de provincies met een doelstelling voor emissiereductie in veenweidegebieden zijn doorgerekend.

In totaal leveren de maatregelen een reductie op van circa 0,63 Mton CO₂. Het doel van 1,0 Mton CO₂-reductie wordt daarmee echter niet behaald. Op provincieniveau worden de doelstellingen voor CO₂-reductie uit organische bodems evenmin behaald. Voor veenweiden zijn er mogelijk nog aanvullende maatregelen mogelijk (o.a. omzetting naar natte natuur of paludicultuur) of verdergaande peilverhoging (bijv. naar gemiddeld 20 cm onder maaiveld).



Figuur 6.7 CO₂-emissiereductie uit organische bodems in S1 en S2 ten gevolge van maatregelen in Mton CO₂/jaar ten opzichte van referentieraming 2030 (RR) (blauw), vergeleken met de provinciale reductiedoelstellingen (zwart). Op de linker y-as de provinciale emissies en op de rechter y-as de nationale emissies. Resultaten van berekeningen met de rekenregels van SOMERS.

6.2.4 Discussie en conclusies

Methaan en lachgasemissie

De nationale doelstelling voor methaan en lachgas komt met de maatregelenpakketten in de twee scenario's in deze studie binnen bereik in 2030. Ook de minimaal 30% reductie van de methaanemissie in 2030, volgens een afspraak die in 2021 is gemaakt op de klimaatop in Glasgow, wordt bijna behaald. Beide scenario's leveren hieraan een grote bijdrage. Het doet er wel toe welke en de wijze waarop maatregelen uitgewerkt worden. Maatregelen grijpen namelijk op elkaar in en niet altijd op dezelfde sector. Minder vee in scenario S2 grijpt bijvoorbeeld meer in op de intensieve veehouderij dan de melkveehouderij, hetgeen minder reductie in methaanemissies geeft. Tegelijkertijd betekent een toename van weidegang meer lachgasemissies. Met name minder vee en de te verwachten reductie door voeradditieven en de snelle afvoer en verwerking van mest in de scenario's dragen bij aan de vermindering van de methaanemissie. In tegenstelling tot methaan zijn er in deze studie geen specifieke maatregelen doorgerekend om de lachgasemissies te verminderen, waarbij gedacht kan worden aan type kunstmest (lager risico bij ammoniumhoudende meststoffen dan bij nitraathoudende meststoffen) en gebruik van nitrificatieremmers (Velthof en Rietra, 2018).

Landgebruik (koolstofvastlegging minerale bodems en CO₂-emissiereductie veenweiden)

De doelstellingen voor landgebruik (CO₂-emissiereductie in veengebieden en koolstofvastlegging in minerale bodems) worden in beide scenario's niet gehaald. Aanvullende maatregelen voor koolstofvastlegging in minerale bodems zijn mogelijk, maar vergen een forse aanpassing van de huidige bedrijfsvoering en landgebruik. Een hoger aandeel rustgewassen (>33%) in het bouwplan, zoals granen en grasachtigen, doet de aanvoer van organische stof (koolstof) naar landbouwgronden toenemen. Dit zijn echter minder rendabele gewassen voor de akkerbouw en een verruiming van het bouwplan zal grote financiële consequenties voor de akkerbouwbedrijven hebben. Het omzetten van land dat gebruikt wordt voor de teelt van snijmais naar blijvend grasland is een andere optie om meer koolstof op te slaan. Het uitbreiden van het areaal grasland in de melkveehouderij lijkt echter niet realistisch. De derogatie verdwijnt en daarmee de eis om minimaal 80% grasland te hebben op een derogatiebedrijf. Uit oogpunt van zowel reductie van ammoniakemissie (lager eiwitgehalte) als methaanemissie zouden boeren kunnen sturen op een lager aandeel gras en een hoger aandeel mais, maar dat staat weer haaks op het verbeteren van de waterkwaliteit. Anderzijds ligt het voor

de hand dat bij extensivering rond Natura 2000-gebieden, grasland en bouwland wordt omgezet naar natuurgrasland, zoals in scenario S2 is doorgerekend. Mogelijk liggen hier meer opties om koolstof op te slaan, niet alleen in de bodem, maar ook in bomen, bossen en natuur. Ten slotte kunnen veranderingen in de mestmarkt (meer rundermest in de akkerbouw toepassen en verdergaande mestbe- en verwerking) leiden tot meer koolstofvastlegging, maar deze vergen echter nog nader onderzoek.

Voor de veenweiden zijn er nog aanvullende maatregelen mogelijk (o.a. omzetting naar natte natuur of paludicultuur) of verdergaande peilverhoging (bijvoorbeeld de hoogwaterboerderij; <https://www.ktczegveld.nl/hoogwaterboerderij/>). Deze maatregelen hebben een impact op de productiviteit van de landbouw en het landgebruik. Bij omzetten naar natuur en een sterk verhoogd waterpeil kunnen condities ontstaan in perioden in het jaar waarin methaanvorming plaatsvindt. Ook kan vernatting een effect hebben op lachgasemissie, maar het netto-effect is nog niet duidelijk. Verder is nog veel onzekerheid of overal in het veenweidegebied vernatting mogelijk is. Het vraagt vaak om civieltechnische of ingrepen in het watersysteem, waarbij de waterbeschikbaarheid een randvoorwaarde is. Bijvoorbeeld voor meer ruimte voor waterberging om wateroverlast te voorkomen in natte tijden, maar ook zorg dragen voor voldoende wateraanvoer in droge tijden.

6.3 Ammoniakemissie en stikstofdepositie

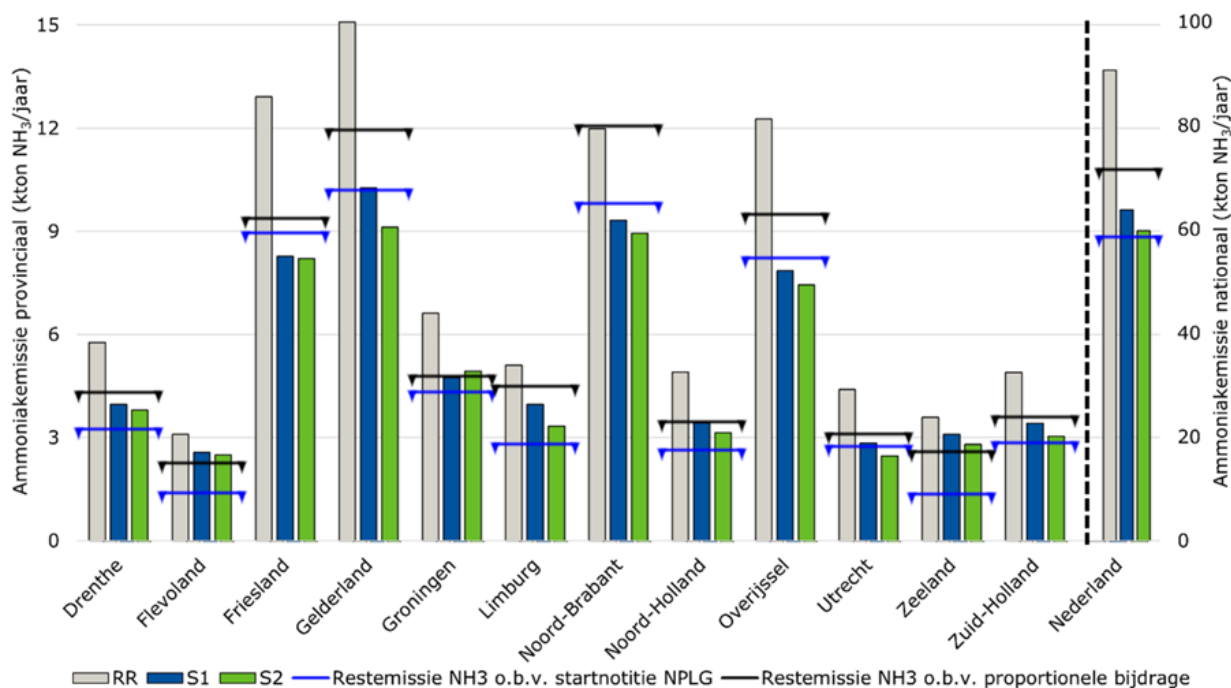
6.3.1 Ammoniakemissie

In Figuur 6.8 is de ammoniakemissie uit de Nederlandse landbouw per provincie in de referentieraming 2030 en in scenario S1 en S2 gepresenteerd. Deze wordt vergeleken met de provinciale emissiedoelstellingen volgens de twee verdeelsleutels uit paragraaf 4.3: in blauw de naar restemissie vertaalde provinciale doelen zoals opgenomen in de startnotitie NPLG en in zwart het emissiedoel zoals berekend op basis van proportionele bijdrage van alle sectoren en het buitenland.

Scenario S1 en S2 zorgen voor een sterke emissiereductie ten opzichte van de referentieraming 2030. Nationaal neemt de ammoniakemissie af van 90,6 kton NH₃ in de referentieraming 2030 naar 63,7 kton NH₃ in scenario S1 en 59,7 kton NH₃ in scenario S2. Daarmee wordt het nationale restemissiedoel op basis van proportionele bijdrage (71,4 kton NH₃; zie paragraaf 4.3.2) in beide scenario's behaald. Het nationale restemissiedoel op basis van de Startnotitie NPLG (58,5 kton NH₃; zie paragraaf 4.3.1) wordt nagenoeg behaald in scenario S2 (2% hoger) en in scenario S1 met ca. 9% overschreden.

De doelen volgens de verdeelsleutel van de proportionele bijdrage wordt in de provincies met veel veehouderij vrijwel overal gehaald worden. In de provincies met veel akkerbouw, zoals Zeeland en Flevoland, net niet. Dit wordt veroorzaakt doordat de ammoniakemissie in deze provincies voornamelijk plaatsvindt via veldemissies, terwijl de maatregelen vooral ingrijpen op de stalemissies. Dit effect is groter als de provinciale doelen worden vastgesteld volgens de verdeelsleutel uit de startnotitie NPLG. De ammoniakemissie moet in de provincies Zeeland en Flevoland in scenario S1 en S2 nog ongeveer gehalveerd worden om te voldoen aan de doelen uit de startnotitie NPLG.

In de referentieraming 2030 wordt in Noord-Brabant het provinciale doel op basis van de proportionele bijdrage al bereikt en in Limburg wordt het doel slechts beperkt (13%) overschreden. In andere provincies wordt het doel met meer dan 30% overschreden. Dit is het effect van de strengere stalemissienormen in Noord-Brabant en Limburg (voor varkens) waarmee rekening is gehouden in de referentieraming 2030 (de strenge eisen zijn namelijk reeds bestaand beleid). In de andere provincies is de toepassing van emissiearme stallenmaatregel alleen in scenario S1 en S2 opgenomen.



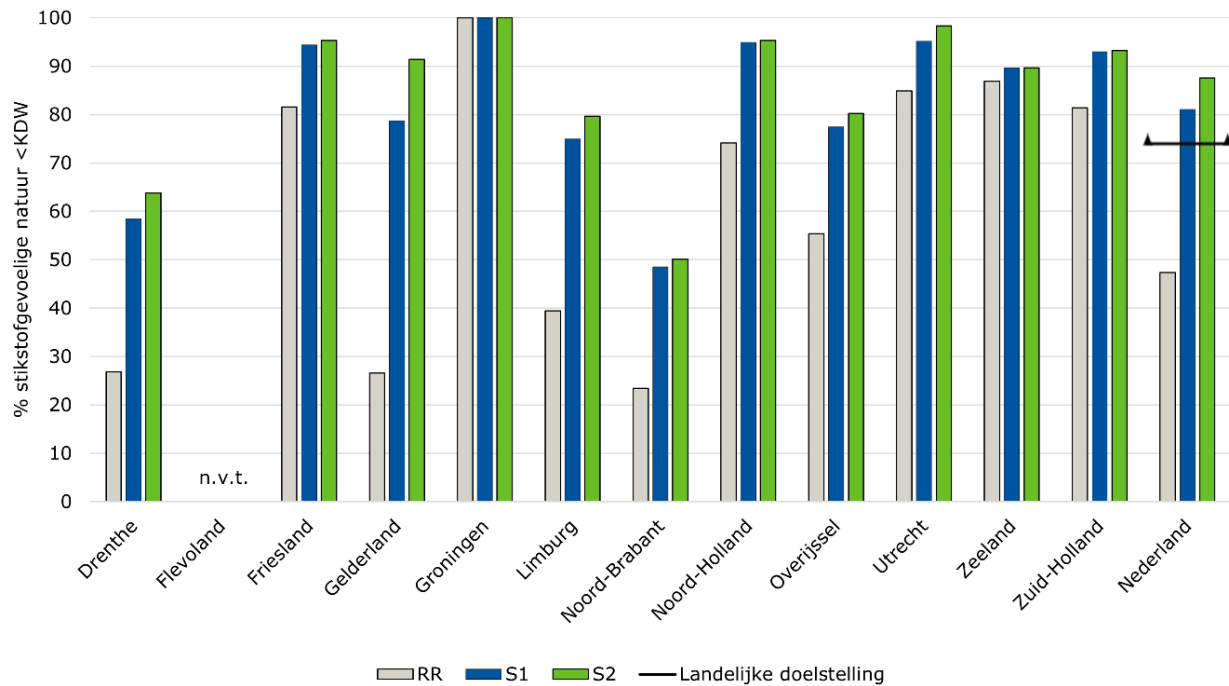
Figuur 6.8 Ammoniakemissie per provincie en voor Nederland (op rechter y-as) in kton NH₃/jaar in de referentieraming 2030 (RR; grijs), scenario S1 (blauw) en scenario S2 (groen). De emissiedoelen per provincie en voor Nederland zijn ook weergegeven; respectievelijk proportionele provinciale doelen (zwart; zie paragraaf 4.3.2) en de provinciale doelen uit de startnotitie NPLG (blauw; zie paragraaf 4.3.1). Op de linker y-as de provinciale emissies en op de rechter y-as de nationale emissies. Resultaten van modelberekeningen met INITIATOR, exclusief emissies van hobbybedrijven.

6.3.2 Stikstofdepositie

In Figuur 6.9 is het percentage van het areaal stikstofgevoelige habitat- en leefgebieden in de Natura 2000-gebieden gegeven waar de stikstofdepositie onder de kritische depositiewaarde (KDW) ligt. Hiervoor gelden geen provinciale doelen, maar alleen een landelijke doelstelling (omgevingswaarde van 74% areaal onder de KDW). Om het areaal met een stikstofdepositie onder de KDW te bepalen, is het nodig om een aanname te doen voor de ontwikkeling van de totale stikstofdepositie, dat wil zeggen de depositie van alle bronnen met NH₃- en NO_x-emissie (inclusief buitenland). Hiervoor is de in deze studie berekende ammoniakdepositie op basis van de berekende emissie uit de landbouw gecombineerd met de ammoniak- en NO_x-depositie uit andere sectoren, waarvan is aangenomen dat ze met 33% gereduceerd zijn ten opzichte van 2020 (zie paragraaf 4.3.2).

In zowel scenario S1 als in scenario S2 wordt de landelijke doelstelling van 74% van het areaal onder de KDW behaald. Ten gevolge van de maatregelen neemt het areaal onder de KDW toe van 48% in referentieraming 2030 tot 81% in scenario S1 en 87% in scenario S2. De grootste toename in het areaal onder de KDW is te vinden in de provincie Gelderland; deze neemt als gevolg van de maatregelen toe van circa 28% in de referentieraming 2030 tot 79% in scenario S1 en 90% in scenario S2. Deze sterke toename is te verklaren door een relatief groot areaal waar de depositie in de referentieraming 2030 niet ver boven de KDW zit. Daardoor stijgt bij depositiereductie ook het areaal onder de KDW in deze gebieden relatief snel bij het nemen van maatregelen. Bijvoorbeeld in de Veluwe, qua stikstofgevoelig areaal het grootste Natura 2000-gebied van Nederland, stijgt het percentage areaal onder de KDW bijvoorbeeld van 8% in het basisjaar tot 90% in scenario S2 (zie Bijlage 5). Het effect is groter in scenario S2 dan in scenario S1. Dit wordt veroorzaakt door de extensivering van de landbouw (minder vee en lagere bemesting) in de natuurgebieden en overgangszones rondom de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden. In de provincies Noord-Brabant en Drenthe blijft het areaal percentage areaal onder de KDW lager dan 74% van het areaal. De stikstofgevoelige natuur in deze provincies is voor een relatief groot gedeelte zeer gevoelig voor stikstof (lage KDW).

In Bijlage 5 is depositie per Natura 2000-gebied gerapporteerd.



Figuur 6.9 Percentage van het stikstofgevoelige Natura 2000-areaal waar de totale stikstofdepositie onder de kritische depositiewaarde ligt in de referentieraming 2030 (RR; grijs), scenario S1 (blauw) en scenario S2 (groen), vergeleken met de landelijke doelstelling van 74% (zwart). Resultaten van modelberekeningen met OPS, op basis van de met INITIATOR berekende ammoniakemissies uit de landbouwen een aangenomen reductie van 33% ten opzichte van 2020 in NO_x -emissie uit de landbouw en NO_x - en NH_3 -emissie uit andere sectoren en het buitenland.

6.3.3 Discussie en conclusies

De nationale emissiedoelstelling voor ammoniakemissie uit de startnotitie NPLG komt met het maatregelenpakketten in de twee scenario's in deze studie binnen bereik in 2030. In scenario S1 wordt het doel met het maatregelenpakket net niet gehaald. In scenario S2 wordt het doel wel gehaald door de extensivering van de landbouw in de natuurgebieden en overgangszones rondom de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden en beëindiging van de piekbelasters. Indien alle sectoren en het buitenland een evenredige bijdrage leveren aan de emissiereductie, wordt daarmee ook de landelijke doelstelling van 74% van het areaal onder de KDW behaald.

Ten opzichte van de emissiedoelstelling dat vanaf 2020 iedere sector een evenredige bijdrage levert aan de emissiereductie wordt de nationale emissiedoelstelling voor ammoniakemissie lager in vergelijking met de NPLG-doelstelling: 36 kton NH_3 in plaats van 39 kton NH_3 . Met de maatregelen in de scenario's wordt deze doelstelling gehaald en is de reductie in ammoniakemissie groter dan nodig om te voldoen aan de deze doelstelling. Minder strikte implementatie van maatregelen kan een optie zijn, maar hierbij wordt opgemerkt dat maatregelen ook effect hebben op andere emissies. Een minder sterke afname in de veestapel zal bijvoorbeeld leiden tot een kleinere vermindering van methaanemissie.

In de provincies met veel akkerbouw, zoals Zeeland en Flevoland, is met het maatregelenpakket in de scenario's doelbereik lastig te halen. Extra aanvullende maatregelen zijn beperkt. Aangezien de emissie uit bouwlandinjectie al laag is en ook die uit kunstmest, is minder gebruik van dierlijke mest de enige methode om de ammoniakemissie in akkerbouwgebieden verder te verlagen. Minder dierlijke mest is niet opgenomen in de scenario's, omdat dierlijke mest voor de akkerbouw een waardevolle bron is van organische stof (koolstof) en nutriënten.

7 Synthese en discussie

7.1 Belangrijkste inzichten

De doelen komen in zicht met de maatregelen van de scenario's, maar het doelbereik verschilt per thema en provincie. Maatwerk en aanvullende maatregelen zijn nodig voor volledig doelbereik.

Figuur 7.1 (op de volgende pagina) geeft een overzicht van de mate waarin de doelstellingen gerealiseerd worden per provincie en in heel Nederland voor waterkwaliteit, broeikasgasemissies, koolstofvastlegging en ammoniakemissie bij toepassing van de maatregelenpakketten in de scenario's. Er wordt in deze figuur onderscheid gemaakt in drie categorieën:

- Donkergroen: ruimschoots voldaan aan de emissiereductiedoelstelling (realisatie is >10% hoger dan de doelstelling);
- Lichtgroen: voldaan aan de emissiereductiedoelstelling (realisatie is gelijk aan de doelstelling \pm 10%);
- Oranje: niet voldaan aan de emissiereductiedoelstelling (realisatie is >10% lager dan de doelstelling).

Samenvattend kan gesteld worden dat in 2030 met de gekozen maatregelenpakketten in de scenario's:

- Voor nitraatconcentratie in het grondwater gemiddeld voldaan wordt aan de doelstelling in alle provincies, uitgezonderd Limburg. Dit wordt deels veroorzaakt door de intensieve landbouw op zandgrond in Noord-Limburg en deels door hoge nitraatconcentraties in het lössgebied in Zuid-Limburg. Hoewel gemiddeld in de meeste provincies de norm gehaald wordt, zal niet het gehele landbouwareaal binnen de provincies voldoen aan de nitraatnorm.
- De doelen voor de stikstofuitspoeling naar oppervlaktewater in enkele provincies wel en in andere provincies niet worden gerealiseerd. In provincies met een groot areaal zandgronden (Gelderland, Noord-Brabant, Overijssel, Groningen, Drenthe en Utrecht) worden de regionale doelen voor stikstof in oppervlaktewater gehaald.
- Vanwege de grote voorraad fosfaat in de bodem ten opzichte van de hoeveelheid die jaarlijks uitspoelt, de fosfaatsuitspoeling traag reageert op brongerichte maatregelen en hebben de maatregelen binnen de beschouwde periode een beperkt effect. Voor fosfaat voldoen alleen Drenthe en Overijssel aan de provinciale doelstellingen. Zeeland heeft een provinciaal doel voor fosfor.
- De nationale doelen voor de reductie van methaan en lachgas uit de landbouw gehaald kunnen worden. Ook in de meeste provincies wordt de regionale doelstelling gehaald. In Zeeland wordt het doel niet bereikt. Er zijn geen maatregelen doorgerekend, die specifiek gericht zijn op reductie van lachgasemissie. Het aanpassen van soort (dierlijke) meststof aan weersomstandigheden en nitrificatieremmers kan leiden tot vermindering van lachgasemissie, waarmee de doelstellingen waarschijnlijk wel bereikt worden.
- Het doel voor koolstofvastlegging in minerale gronden niet op landelijk niveau en in geen enkele provincie gerealiseerd wordt. Bij koolstofvastlegging in minerale gronden leidt afschaffen van derogatie tot een grotere opgave om extra koolstof vast te leggen. Een forse aanpassing van de huidige bedrijfsvoering en het landgebruik (o.a. nog groter aandeel rustgewassen en omzetten van bouwland naar blijvend grasland) zal nodig zijn om de koolstofvastlegging te vergroten.
- Het doel voor reductie van CO₂-emissies uit veengronden evenmin op landelijk niveau en in geen enkele provincie gerealiseerd wordt. Waarschijnlijk is (plaatselijk) een verdere verhoging van de grondwaterstand nodig dan de 40 cm onder maaiveld die in deze studie is aangenomen.
- In bijna alle provincies voldaan wordt aan de gestelde regionale doelen voor ammoniakemissie en stikstofdepositie. In provincies met veel akkerbouw (en relatief weinig ammoniakemissie) worden de doelen echter niet gehaald. Er zijn weinig perspectievolle aanvullende maatregelen om ammoniakemissie uit de akkerbouw te verminderen. Minder gebruik van dierlijke mest vermindert de ammoniakemissie, maar is tegelijkertijd voor de akkerbouw een waardevolle bron van organische stof (koolstof) en nutriënten.

Referentieraming

Provincie	DR	FL	FR	GD	GR	LB	NB	NH	OV	UT	ZL	ZH	NL
Nitraat	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Geel	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen
N- uitspoeling	Donkergroen	Geel	Geel	Donkergroen	Donkergroen	Geel	Lichtgroen	Geel	Geel	Donkergroen	Geel	Geel	Geel
P- uitspoeling	Lichtgroen	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Wit	Geel	Geel
Methaan en lachgas ¹⁾	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel
Koolstofvastlegging ²⁾	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit
CO ₂ veen ²⁾	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit	Wit
Ammoniak ³⁾	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Lichtgroen	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel

Scenario 1

Provincie	DR	FL	FR	GD	GR	LB	NB	NH	OV	UT	ZL	ZH	NL
Nitraat	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Geel	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen
N- uitspoeling	Donkergroen	Geel	Geel	Donkergroen	Donkergroen	Geel	Donkergroen	Geel	Lichtgroen	Donkergroen	Geel	Geel	Geel
P- uitspoeling	Donkergroen	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Lichtgroen	Geel	Wit	Geel	Geel
Methaan en lachgas ¹⁾	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Geel	Lichtgroen	Lichtgroen
Koolstofvastlegging	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel
CO ₂ veen	Wit	Wit	Geel	Wit	Geel	Wit	Wit	Geel	Geel	Geel	Wit	Geel	Geel
Ammoniak ³⁾	Lichtgroen	Geel	Donkergroen	Donkergroen	Lichtgroen	Donkergroen	Donkergroen	Lichtgroen	Donkergroen	Lichtgroen	Geel	Lichtgroen	Donkergroen

Scenario 2

Provincie	DR	FL	FR	GD	GR	LB	NB	NH	OV	UT	ZL	ZH	NL
Nitraat	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Geel	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen
N- uitspoeling	Donkergroen	Geel	Geel	Donkergroen	Donkergroen	Lichtgroen	Donkergroen	Geel	Donkergroen	Donkergroen	Geel	Geel	Lichtgroen
P- uitspoeling	Donkergroen	Geel	Geel	Lichtgroen	Geel	Geel	Geel	Geel	Donkergroen	Geel	Wit	Geel	Geel
Methaan en lachgas ¹⁾	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Donkergroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen	Donkergroen	Geel	Lichtgroen	Lichtgroen
Koolstofvastlegging	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel	Geel
CO ₂ veen	Wit	Wit	Geel	Wit	Geel	Wit	Wit	Geel	Geel	Geel	Wit	Geel	Geel
Ammoniak ³⁾	Donkergroen	Geel	Donkergroen	Donkergroen	Lichtgroen	Donkergroen	Donkergroen	Lichtgroen	Donkergroen	Donkergroen	Lichtgroen	Donkergroen	Donkergroen

	Doelstelling >10% behaald		Doelstelling behaald +/- 10%		Doelstelling >10% niet behaald		Geen doelstelling
---	---------------------------	---	------------------------------	---	--------------------------------	---	-------------------

¹⁾ Vergeleken met provinciale verdeling op basis van de huidige emissie (paragraaf 4.2.1.1).

²⁾ Voor koolstofvastlegging en CO₂-veen betreft de doelstelling een emissiereductie ten opzichte van de referentieraming. Daarom is in de referentieraming geen vergelijk met een doelstelling opgenomen.

³⁾ Vergeleken met provinciale verdeling op basis van proportionele bijdrage (paragraaf 4.3.2).

Figuur 7.1 Realisatie van de doelstellingen per provincie voor de verschillende emissies (donkergroen is ruimschoots voldaan aan de emissiereductiedoelstelling, lichtgroen is net voldaan aan de doelstelling en geel is niet voldaan aan de doelstelling). In de bovenste figuur is de realisatie op basis van de referentieraming 2030 weergegeven, in de middelste figuur die in scenario S1 en in de onderste figuur die in scenario S2. Zie tekst voor beschrijving van de criteria die gehanteerd zijn voor het onderscheid in de drie categorieën voor realisatie.

Het provinciale niveau is niet altijd geschikt voor het bepalen van de doelen. Uitwisseling van doelrealisatie tussen provincies is lastig en soms niet mogelijk.

Doel van deze studie was inzichtelijk maken hoe tot regionale doelen te komen voor landbouwemissies in termen van waterkwaliteit en uit- en afspoeling nutriënten naar grond- en oppervlaktewater, broeikasgasemissies (koolstofdioxide, methaan en lachgas), koolstofvastlegging in de bodem en ammoniakemissies. In deze studie was het de opdracht om de doelen te regionaliseren naar provincieniveau, omdat vanuit het NPLG de insteek is om op dit schaalniveau richtinggevende doelen mee te geven aan provincies en waterschappen voor de uitwerking van de provinciale gebiedsprogramma's.

De afzonderlijke doelen zijn in het beleid echter niet gekoppeld aan provincieniveau. Het doel voor grondwater is overal gelijk in Nederland. De doelen oppervlaktewater zijn locatiespecifiek. Voor grondwater geldt dat voldaan moet worden aan de nitraatnorm, al is niet duidelijk omschreven op welk niveau aan de norm moet worden voldaan. De oppervlaktewaterdoelen zijn per waterlichaam vastgesteld en kunnen variëren binnen de provinciegrenzen. Als deze doelen naar provincieniveau worden geaggregeerd, verdwijnt deze regionale differentiatie in doelen en kan doelbereik verkeerd geïnterpreteerd worden. Het doel lijkt bijvoorbeeld gemiddeld wel gehaald te worden, terwijl er waterlichamen zijn die het doel niet halen.

De doelstellingen voor methaan en lachgas zijn landelijk vastgesteld; uitwisseling van doelrealisatie tussen provincies is dan mogelijk, maar met scenario S1 en S2 in de onderhavige studie worden de doelen voor methaan en lachgas net bereikt (een deel van de provincies wel en een deel niet). Er is daarmee weinig ruimte tot uitwisseling van doelrealisatie bij de maatregelenpakketten in deze scenario's.

De doelen voor koolstofvastlegging in minerale gronden en CO₂-emissie uit veengronden zijn landelijk vastgesteld. Bij provinciale doelstellingen en bij scenario S1 en S2 wordt in geen enkele provincies het doel bereikt. Een andere verdeling van doelen tussen provincies zal ook niet leiden tot het landelijk doelbereik. Er zou uitwisseling met doelen van niet-landbouwsectoren kunnen plaatsvinden, zoals koolstofvastlegging in bomen, bos en natuur, door deze sectoren een grotere opgave toe te delen (indien haalbaar).

Bij de doelen voor ammoniakemissie en stikstofdepositie geldt in principe ook een landelijk doel, maar is de haalbaarheid van dit doel sterk afhankelijk van de ligging, aard en omvang van de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden in Nederland en de ligging van de veehouderijbedrijven.

Bij het vaststellen van de regionale doelen en het bepalen van het doelbereik blijft het van belang om de doelen te beschouwen op het niveau waarop de doelen zijn vastgesteld en van toepassing zijn. Verder is er weinig speelruimte voor het uitwisselen van regionale doelrealisatie tussen provincies, gegeven deze gehanteerde maatregelen in deze studie.

7.2 Discussie en aanbevelingen

7.2.1 Effectiviteit en impact van maatregelen

Implementatiegraad

In de scenario's wordt verondersteld dat de maatregelen 100% worden geïmplementeerd op ieder bedrijf. De bereidwilligheid om deze maatregelen te implementeren, is niet bekend en is afhankelijk van of en hoe deze maatregelen in beleid worden geïnstrumenteerd. Gaat het een verplichte maatregel worden voor alle of een gedeelte van de bedrijven? Wordt er gestuurd op normen waar bedrijven aan moeten gaan voldoen maar daar zelf wel een eigen invulling van maatregelen aan kunnen geven? Of wordt de maatregel enkel gestimuleerd en is het aan bedrijven op basis van vrijwilligheid de maatregel te nemen? Een maatregel als het afschaffen van de derogatie en instelling van bufferstroken, blijkt via de derogatiebeschikking van de EU toch een verplichting te worden. Maatregelen als het verlagen van het ruweiwitgehalte in het melkveevoerantsoen en meer weidegang zijn uitgewerkt in een afspraak tussen Rijk en sectorpartijen (zie TK-brief, 20 juli 2021). Maatregelen gericht op broeikasgasreductie zijn nog niet verankerd in overheidsbeleid. Wel zijn er ambities en initiatieven bij ketenpartijen om in 2030 klimaatverantwoord te

produceren. Het is duidelijk dat bij een lagere implementatiegraad de verschillende maatregelen nog verder aangescherpt dienen te worden.

Veranderende omstandigheden

In de loop der jaren kunnen autonome ontwikkelingen in de landbouw veranderen ten opzichte van de aannames die gemaakt zijn voor de referentieramingen. Deze ontwikkelingen kunnen van invloed zijn op de effecten van de maatregelen op emissies in de scenario's. Een voorbeeld hiervan is de verwachting dat de boeren die tot dusverre derogatie hadden, bij afschaffing hiervan de komende jaren waarschijnlijk grasland deels omzetten in bouwland. Een ander voorbeeld is dat er meer kunstmest wordt gebruikt als er minder dierlijke mest kan worden toegediend door het wegvallen van de derogatie. Kunstmest is momenteel duur, waardoor het kunstmestgebruik wordt geremd. Als de Europese Commissie kunstmestvervangers (RENURE) erkent, zal het kunstmestgebruik waarschijnlijk verminderen.

Werking van de maatregel in de praktijk

Naast de implementatiegraad bestaat er ook discussie over of de maatregelen in de praktijk ook werken als beoogd en waar in deze studie mee gerekend is. Een deel van maatregelen is nog in ontwikkeling en er lopen allerlei onderzoeksprojecten om de effectiviteit van maatregelen te kwantificeren, zowel voor emissies van ammoniak en broeikasgassen, stikstof- en fosforuitspoeling en koolstofopslag.

Andere of zwaardere inzet van reeds doorgerekende maatregelen mogelijk

Er zijn meer maatregelen denkbaar dan de maatregelen die in deze studie zijn onderzocht, zoals het gebruik van nitrificatieremmers om lachgasemissie te beperken, uitmijning van fosfaat door geen fosfaatbemesting, hydrologische maatregelen en end-of-pipe maatregelen om de oppervlaktewaterkwaliteit te verbeteren (o.a. met ijzer omhulde drains om fosfor te verwijderen, houtsnippers in drains om stikstof te verwijderen, helofytenfilters in het oppervlaktewater). Ook kunnen maatregelen uit deze studie scherper worden toegepast, zoals een lagere stikstofbemesting of een grotere verandering van de gewasrotatie. Met name op het gebied van technische innovaties in de mestbewerking, -verwerking- en -vergisting worden ontwikkelingen verwacht die de emissies verder kunnen verlagen.

Impact van maatregelen

De maatregelenpakketten in de gehanteerde scenario's zijn omvangrijk en zullen een grote impact hebben op alle onderdelen van de agrarische bedrijfsvoering. Er is in deze studie van uitgegaan dat alle maatregelen inpasbaar zijn op de huidige agrarische bedrijven, maar er is niet getoetst of deze combinatie van maatregelen voor de verschillende bedrijfstypen management-technisch haalbaar zijn. Hetzelfde geldt voor de verandering in het grondgebruik. Daar zijn in deze studie rekenkundige eenheden voor gebruikt (o.a. 250 m-bufferzone in brede beekdalen, 1 km-zone als overgangsgebied), maar dit zal in de gebiedsprocessen verder uitgewerkt moeten worden. De kosten voor de primaire landbouw en de agrifoodsector zijn evenmin meegewogen in de uitwerking van de maatregelenpakketten in de scenario's. De maatregelen zullen een effect hebben op de bedrijfsstructuur en de economische perspectieven van de sector in de verschillende regio's. Dit kan vervolgens weer van invloed zijn op het handelen van de bedrijven, zoals omschakeling naar een ander bedrijfstype of ander landgebruik, waar in deze studie geen rekening mee is gehouden.

Modellen en uitgangspunten

Uit oogpunt van consistentie wordt aanbevolen om dezelfde rekenmethodieken, uitgangspunten en referentiejaar te gebruiken voor het vaststellen van doelen en de onderbouwing, evaluatie en monitoring van maatregelen om de emissies te reduceren op landelijke en provinciaal niveau. Dit is in de onderhavige studie toegepast, behalve voor CO₂-emissies uit veengronden en de ammoniakreductiedoelstelling uit de startnotitie van het NPLG. De provinciale doelen voor reductie van CO₂-emissies uit veengronden zijn afkomstig uit het ontwikkeldocument NLPG. Het is niet duidelijk hoe deze doelen zijn bepaald en of er een verschil bestaat met de in deze studie toegepaste rekenregels van SOMERS. De ammoniakreductiedoelstelling uit het startdocument NLPG (39 kton) is gebaseerd op de stal- en veldemissies uit de veehouderij²¹, terwijl de reductiedoelstelling die is afgeleid in deze studie gebaseerd is op de totale ammoniakemissie uit de landbouw.

²¹ https://www.rivm.nl/sites/default/files/2022-06/RIVM-AERIUS_21-083_Toelichting%20bij%20richtinggevende%20emissiereductiedoelstellingen.pdf

Naast maatregelen landbouw zijn ook andere maatregelen nodig om het doelbereik te halen

Onderhavig onderzoek richt zich op milieu-emissies vanuit de landbouw. Om uiteindelijk doelen te bereiken zullen ook andere sectoren (incl. buitenland) reducties van emissies moeten bewerkstellingen om de doelen voor met name waterkwaliteit, klimaat en VHR te halen. Denk bijvoorbeeld aan de voorkomen van overloop van ongezuiverde rioolwater in oppervlaktewater, vermindering van resten van gewasbeschermingsmiddelen en medicijnen in grond- en oppervlaktewater, reductie van broeikasgas- en stikstofemissies uit industrie, verkeer en zeevaart en natuurherstel in de natuurgebieden. In de integrale gebiedsgerichte uitwerking is het belangrijk om deze maatregelen ook in ogenschouw te nemen om uiteindelijk het doelbereik te bepalen.

7.2.2 Nadere inzichten wenselijk

Inzicht in effecten afzonderlijke maatregelen

Er zijn twee scenario's van maatregelenpakketten integraal doorgerekend, waardoor ook interacties (positief en negatief) tussen maatregelen zijn meegenomen. De effectiviteit van de afzonderlijke maatregelen is niet doorgerekend, zodat niet gekwantificeerd kan worden welke maatregelen de grootste bijdrage leveren aan de reductie van de emissies. Inzicht in het effect van elke maatregel apart op alle emissies geeft inzicht in welke maatregelen de hoogste bijdrage leveren aan integraal doelbereik en hoe groot eventuele afwentelingen naar andere emissies zijn. Daarbij is het eveneens aan te bevelen om met betrekking tot de implementatiegraad en de effectiviteit ook gevoeligheidsanalyses uit te voeren. Wat gebeurt er als een maatregel strikter wordt ingezet, wat gebeurt er als een maatregel meer of minder effectief is of als de implementatiegraad van een maatregel lager is dan 100%? Ook kunnen andere maatregelen doorgerekend worden.

Inzicht in onzekerheden

Dit is een eerste integrale verkenning van maatregelen uit stikstof-, klimaat- en waterkwaliteitsdossiers op regioniveau. Daarbij kan sprake zijn van verschillende soorten onzekerheden; in de data en modellen, bij de effectiviteit van (nieuwe) maatregelen, bij de toepassing in de praktijk en bij het integrale effect van het pakket aan maatregelen.

Inzicht in de haalbaarheid en betaalbaarheid van de maatregelenpakketten

Het niet meenemen van de haalbaarheid en betaalbaarheid van de maatregelenpakketten in deze studie was een bewuste keuze, omdat in eerste instantie vooral inzicht nodig was of de regionale doelen met de op basis van effectiviteit op doelbereik geselecteerde maatregelen integraal haalbaar zijn. Echter inzicht in de kosten van de maatregelen is onontbeerlijk als omvangrijke integrale maatregelenpakketten in de praktijk uitgevoerd moeten worden. Daarbij is het ook relevant om naar andere dan in deze studie uitgewerkte integrale maatregelenpakketten te kijken en ze onderling op kosteneffectiviteit te beoordelen.

Inzicht in aanpak en schaalniveau gebiedsprocessen

In dit rapport zijn de doelen en het doelbereik van de scenario's weergegeven op provinciaal niveau. Gebiedsprocessen om tot oplossingen te komen, vinden op een lager, lokaal schaalniveau plaats. Daarnaast vraagt doelbereik in sommige gevallen, vooral bij waterkwaliteit, lokaal maatwerk. Er is inzicht nodig in de ideale omvang en begrenzing van gebieden voor gebiedsprocessen om veranderingen in de landbouw en het nemen van maatregelen op te starten. Voor zo'n gebied is het belangrijk om inzicht te hebben in wat dan de doelstellingen voor het gebied zijn. Ook inzicht in de kosten van de maatregelen zijn dan belangrijk. Ook is onderzoek nodig naar de gebiedsprocessen zelf: wat is de beste aanpak?

Inzicht in bedrijfs- en gebiedsspecifieke kennis

Er zitten beperkingen aan de mate van gedetailleerdheid van de modellen die in deze studie gebruikt zijn, zowel wat betreft ruimtelijke en temporele schaal als de procesformuleringen. Daarom is het belangrijk om in gebiedsprocessen, waar individuele bedrijven in betrokken zijn, ook meer gebieds- en bedrijfsspecifieke informatie, modellen en kennis toe te passen dan in deze studie is gedaan. Bijvoorbeeld in de uitwerking van de extensivering in brede bufferzones in beekdalen wordt in deze studie een rekenkundige maat van 250 meter langs de beek gehanteerd om arealen te schatten. In de praktijk zal dit nader gespecificeerd moeten worden op basis van eigenschappen van het lokale water- en bodemsysteem en landgebruik.

Inzicht in effecten van veranderingen in waterhuishouding en landgebruik

Effecten van functiewijziging en verandering in landgebruik, grondwaterstanden en waterafvoeren van gebieden zijn in deze studie buiten beschouwing gelaten. Vernatting van veengronden vergt ingrepen in de waterhuishouding en daarmee veelal ook extra wateraanvoer in de zomer. Extensivering van brede bufferzones in beekdalen zal gepaard kunnen gaan met het buiten gebruik stellen van drains en is daarmee ook van invloed op grondwaterstanden. Bij een nadere invulling van maatregelen in gebieden is het wenselijk om directe en indirecte effecten van een veranderde waterhuishouding op emissies, koolstofvastlegging in bodems en uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater wel in rekening te brengen. Ook kan dan nagegaan worden in hoeverre in scenario S2 de omzetting naar onbemeste landbouwgronden ook ingezet kan worden voor aanvullende bijdragen aan de opgaven van het NLPG, zoals het realiseren van de instandhoudingsdoelstellingen in Natura 2000-gebieden, agrarisch natuurbeheer en koolstofvastlegging in bossen en natuurgebieden in het kader van het Klimaatakkoord en de Bossenstrategie. Ook kunnen deze onbemeste landbouwgronden mogelijk een rol spelen in de 'groenblauwe dooradering' van het landelijk gebied ter vergroting van biodiversiteit en versterking van het landschap.

Inzicht in de beleidsmatige aanpak, borging en monitoring maatregelen

De meeste maatregelen moeten op agrarische bedrijven en percelen worden uitgevoerd. De wijze waarop deze maatregelen in beleid worden opgenomen en welke instrumenten en middelen kunnen worden ingezet, is niet uitgewerkt in deze studie. Het is belangrijk om inzicht te hebben in de wijze waarop maatregelen door het beleid en landbouwsectoren wordt en kan worden opgepakt en of dit beleid door het Rijk of provincies moet worden opgesteld. Waar liggen de verantwoordelijkheden, hoe wordt het geïmplementeerd, geborgd en gemonitord, hoe groot is het draagvlak en bereidheid tot uitvoering? De uiteindelijke implementatie kan mogelijk ook tot andere regionale effecten leiden. Bijvoorbeeld, een nationale norm voor grondgebondenheid zal in iedere provincie een andere uitwerking hebben op de omvang van de melkveestapel dan bij een gerichte opkoop of afroming van fosfaatrechten.

Literatuur

- Arets, E., S.A. van Baren, M.J. Schelhaas en 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*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3203.
- CBS, 2021. *Dierlijke mest en mineralen 1990-2020*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.
- CBS, 2022. *Meer koeien in de wei, maar wel korter*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.
- CDM, 2017. *Beperking nitraatuitspoeling bij scheuren en herinzaai van grasland*. Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM), 21 pp.
- Coleman, K. en D.S. Jenkinson, 2014. *RothC - a Model for the Turnover of Carbon in Soil. Model Description and Users Guide*. Rothamsted Research, Harpenden, UK.
- DAW, 2022. *Maatregelen Agrarisch Waterbeheer*. In Deltaplan Agrarisch Waterbeheer.
- de Vries, W., J. Kros, J.C. Voogd en G.H. Ros, 2023. *Integrated assessment of agricultural practices on large scale losses of ammonia, greenhouse gases, nutrients and heavy metals to air and water*. Science of The Total Environment 857, 159220.
- 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, 126 pp.
- Fraters, B. en L.J.M. Boumans, 2015. *Metten van nitraatconcentraties in de onverzadigde zone bij lössgronden. Literatuurstudie naar meetmethoden*.
- Fraters, B., A. Hooijboer, A. Vrijhoef, A. Plette, N. van Duijnhoven, J. Rozemeijer, M. Gosseling, C. Daatselaar, J. Roskam en H. Begeman, 2020. *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2016-2019) en trend (1992-2019): De Nitraatrapportage 2020 met de resultaten van de monitoring van de effecten van de EU Nitraatrichtlijn actieprogramma's*. In Agricultural practices and water quality in the Netherlands; status (2016-2019) and trend (1992-2019): The Nitrate rapport 2020 containing the results of monitoring effects of the EU Nitrates Directive action programmesRijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM.
- Gies, E., T. Hermans, H. Kros en J.C. Voogd, 2021. *Naar een gebiedsaanpak: doorrekening landelijke stikstofmaatregelen in Gelderland*. Een basis voor een gebiedsgerichte uitwerking van de Structurele Aanpak Stikstof in Gelderland, Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Groenendijk, P., 2021. *Kansen van de stikstofaanpak voor het doelbereik van de KRW voor nutriënten*. Memo, Wageningen University & Research, Wageningen.
- Groenendijk, P., L.V. Renaud en J. Roelsma, 2005. *Prediction of nitrogen and phosphorus leaching to groundwater and surface waters; process descriptions of the animo4.0 model*. 1566-7197. Alterra, Wageningen.
- Groenendijk, P., E. van Boekel, L. Renaud, A. Greijdanus, R. Michels en T. de Koeijer, 2016. *Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren: het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de*

kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden. Rapport 2749. Wageningen Environmental Research, Wageningen, 150 pp.

Groenestein, K., N. Ogink, H. Ellen, L. Šebek, C. van Bruggen, J. Huijsmans en I. Vermeij, 2019. *PAS Update aanvullende reservemaatregelen Landbouw*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1214.

Groenestein, K., P. Bikker, C. van Bruggen, H. Ellen, J. van Harn, J. Huijsmans, N. Ogink, L. Sebek en I. Vermeij, 2017. *PAS Aanvullende reservemaatregelen Landbouw: uitwerking van een quick scan*. Wageningen Livestock Research, Wageningen.

Hendriks, R.F.A. en J.J.H. van den Akker, 2012. *Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veenweiden: modelberekeningen met SWAP-ANIMO voor veenweide-eenheden naar veranderingen van de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater bij toepassing van onderwaterdrains in het westelijke veenweidegebied*. 1566-7197. Alterra, Wageningen-UR, Wageningen.

IenW, 2022. *Stroomgebiedbeheerplannen Rijn, Maas, Schelde en Eems 2022 – 2027. Onderdeel van het Nationaal Water Programma 2022-2027*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstraat, Den Haag, 129 pp.

Koopmans, C., B. Timmermans, J.J. de Haan, van Opheusden, S.N. M., I., T. Slier en J.P. Wagenaar, 2020. *Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023*. Louis Bolk Instituut, Bunnik.

Kros, H., J. van Os, J.C. Voogd, P. Groenendijk, C. van Bruggen, R. te Molder en G. Ros, 2019. *Ruimtelijke allocatie van mesttoediening en ammoniakemissie: beschrijving mestverdelingsmodule INITIATOR versie 5*. Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Lesschen, J.P., C. Hendriks, T. Slier, R. Porre, G. Velthof en R. Rietra, 2021. *De potentie voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw*. 1566-7197. 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 ontwikkelrichtingen Nederlandse landbouw in 2050*. Rapport 2984. Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Paul, H., 2021. *Stikstofruimte voor de toekomst. Langetermijnverkenning stikstofproblematiek: doel, integraliteit en regie*. ABDTOPConsult.

PBL, 2017. *Evaluatie Meststoffenwet 2016: Syntheserapport*. Planbureau voor de leefomgeving, Den Haag.

PBL, 2021. *Naar een uitweg uit de stikstofcrisis; Overwegingen bij een integrale, effectieve en juridisch houdbare aanpak*. Planbureau voor de leefomgeving, Den Haag, 107 pp.

Ruijter, F.J.d. en J.G. Conijn, 2010. *Quadmod parameterisatie van de P respons van grasland, akkerbouw- en groentegewassen in Nederland*. Plant Research International, Wageningen.

Sauter, F., H. van Jaarsveld, M. van Zanten, E. van der Swaluw, J. Aben en F. de Leeuw, 2015. *The OPS-model. Description of OPS 4.4.4*. RIVM Report National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands, 113 pp.

Schoumans, O.F. en P. Groenendijk, 2000. *Modeling Soil Phosphorus Levels and Phosphorus Leaching from Agricultural Land in the Netherlands*. J. Environ. Qual. 29 (1), 111-116.

Schreuder, R., W. van Dijk, P. van Asperen, J.A. de Boer en J.R. van der Schoot, 2008. *Mebot 1.01: beschrijving van milieu- en bedrijfsmodel voor open teelten*. PPO AGV, Lelystad.

-
- Ten Berge, H.F.M., J.C.M. Withagen, F.J. de Ruijter, M.J.W. Jansen en H.G. van der Meer, 2000. *Nitrogen responses in grass and selected field crops. QUADMOD parameterisation and extensions for STONE application*. Report 24. Plant Research International, Wageningen, the Netherlands.
- Ter Haar, B., 2021. *Normeren en beprijzen van stikstofemissies*. ABDTOPConsult, Den Haag.
- Valkama, E., K. Usva, M. Saarinen en J. Uusi-Kamppa, 2019. *A Meta-Analysis on Nitrogen Retention by Buffer Zones*. Journal of Environmental Quality 48 (2), 270-279.
- Van Boekel, E.M.P.M., P. Groenendijk, J. Kros, L.V. Renaud, J.C. Voogd, G.H. Ros, Y. Fujita, G.J. Noij en W. van Dijk, 2021. *Effecten van maatregelen in het Zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn: Milieueffectrapportage op planniveau*. 1566-7197. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Van der Bolt, F.J.E., E.M.P.M. van Boekel, W. Kuindersma, L.V. Renaud, P. Groenendijk, J. Kros, J. van den Roovaart, A. Marsman en W. Altena, 2022. *Het landelijk Waterkwaliteitsmode: Versie LWKM1.2*. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Van der Bolt, F.J.E., T. Kroon, P. Groenendijk, L.V. Renaud, J. van den Roovaart, C.M.C.M. Janssen, S. Loos, P. Cleij, A. van den Linden en A. Marsman, 2020. *Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel*. Uitbreiding van het Nationaal Water Model met waterkwaliteit ten behoeve van berekeningen voor nutriënten, Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- 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 Dijk, W., J. Spruijt, W.T. Runia en W.C.A. van Geel, 2012. *Verruiming vruchtwisseling in relatie tot mineralenbenutting, bodemkwaliteit en bedrijfseconomie op akkerbouwbedrijven*. PPO-rapporten, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit AGV, Lelystad.
- Van Gastelen, S., J. Dijkstra, J.M.L. Heck, M. Kindermann, A. Klop, R. de Mol, D. Rijnders, N. Walker en A. Bannink, 2022. *Methane mitigation potential of 3-nitrooxypropanol in lactating cows is influenced by basal diet composition*. J Dairy Sci 105 (5), 4064-4082.
- Vellinga, T., in druk. *Aanvullende maatregelen voor vermindering van methaanemissie voor het bereiken van klimaatdoelen 2030*. Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- 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 / Wageningen Environmental Research, Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Velthof, G.L and R.P.J.J. Rietra, 2018. Nitrous oxide emission from agricultural soils. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2921
- Vonk, J., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, T. van der Zee en G.L. Velthof, 2021. *Raming van broeikasgasemissies uit de landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040: achtergronddocument veehouderij en akkerbouw bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021*. Rapport / Wageningen Livestock Research, Wageningen Livestock Research, Wageningen.

Bijlage 1 Achtergrondinformatie toegepaste modellen

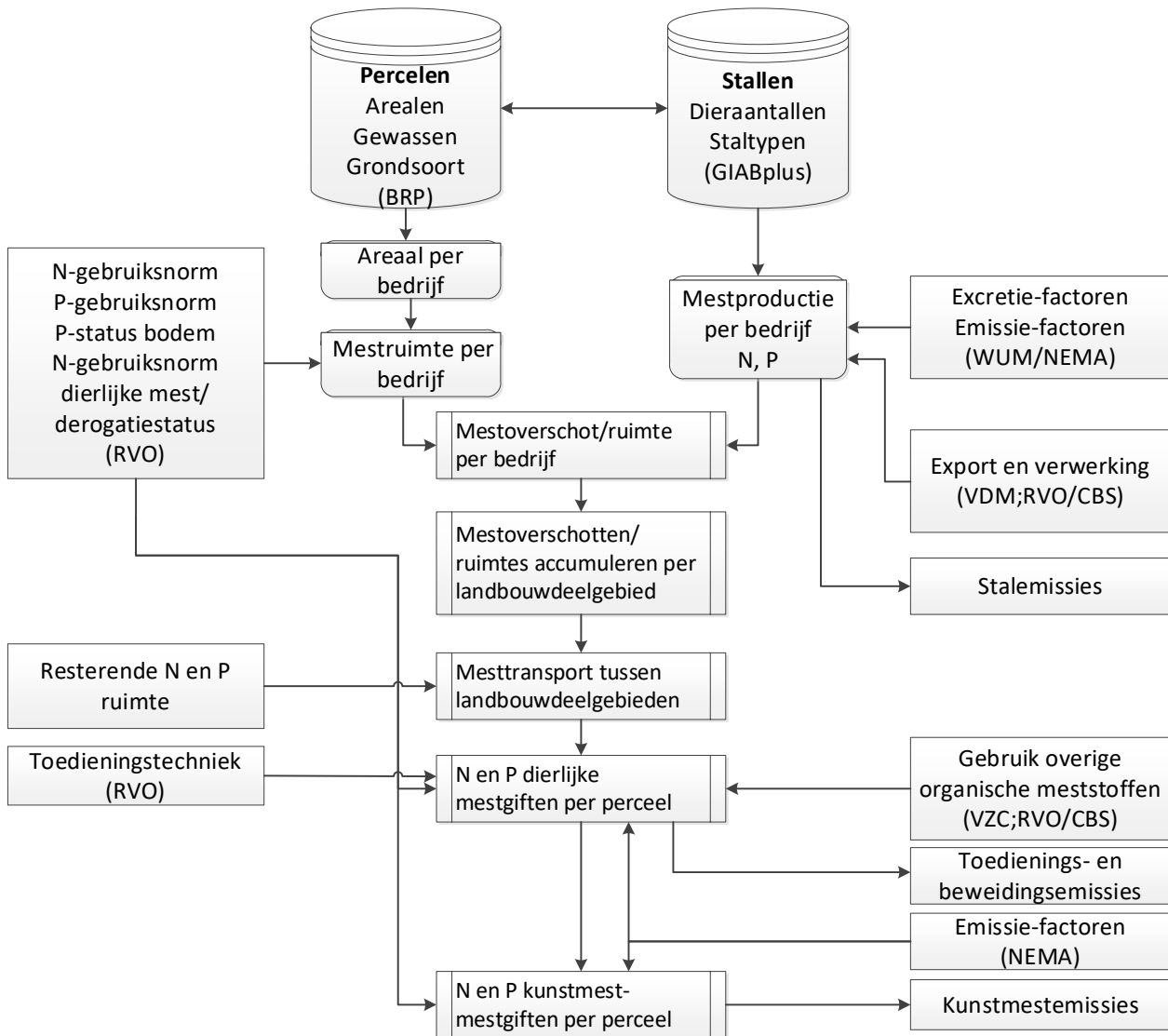
INITIATOR

De mestverdeling en ammoniak-, methaan- en lachgasemissies worden berekend met het model INITIATOR (*Integrated Nitrogen Impact Assessment Tool on a Regional Scale*, De Vries et al., 2023). Dit model berekent alle belangrijke N-, P- en C-fluxen in de landbouw, waaronder de aanvoer van N, P en C in de vorm van kunstmest, dierlijke mest, depositie en N-binding, de N- en P-afvoer door het gewas en de emissies van methaan (CH₄), ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O) en stikstofoxiden (NO_x) naar de atmosfeer. Daarnaast berekent het model ook de verandering in de voorraad aan bodemkoolstof en de bijbehorende emissie of vastlegging van CO₂ uit bodems en de accumulatie en uitspoeling van N, P, basen en zware metalen. De berekeningen worden op regionale en nationale schaal uitgevoerd, met 250m × 250m als basisresolutie.

Met INITIATOR wordt de mest over grasland en bouwland verdeeld, rekening houdend met de aanvoer van dierlijke mest (van het eigen bedrijf of via mesttransport) en kunstmest, de wettelijke gebruiksnormen (conform Mestwetgeving), het gewas en de grondsoort. De N- en P-excretie worden berekend door een vermenigvuldiging van het aantal dieren (in verschillende categorieën) met excretiefactoren die aangeven hoeveel N en P in de mest elk dier in een jaar produceert. De stal- en opslagemissies van gasvormige N-verliezen worden berekend door de N- excretie te vermenigvuldigen met N-emissiefactoren, waarbij rekening wordt gehouden met dier- en staltype. Een mestverdelingsmodule berekent vervolgens het transport van dierlijke mest op gemeenteniveau en de aanvoer van mest en kunstmest naar de bodem. INITIATOR wordt gebruikt voor het berekenen van de ruimtelijke verdeling van mest en ammoniakemissie ten behoeve van het ANIMO/LWKM-model (mestverdeling) en de ruimtelijke verdeling van de ammoniakemissie ten behoeve van de Emissie Registratie (Kros et al., 2019). De NH₃-emissie uit stallen en opslagen en vanuit de bodem vormen de input van het AERIUS-model voor de berekening van de N-depositie op zowel landbouwgronden als in Natura 2000-gebieden.

Het model maakt gebruik van gedetailleerde ruimtelijke gegevens die grotendeels afkomstig zijn uit beschikbare nationale GIS-datasets, zoals de geografisch expliciete landbouwtellinggegevens, met het aantal dieren per vestiging (GIAB; Van Os en Kros, 2022). Door deze koppeling zijn we in staat om op een hoge ruimtelijke resolutie de N- en P-excretie, stal- en opslagemissies, mest- en kunstmest- verdeling en bodememissies te berekenen.

De vereiste data voor de berekening van de mestverdeling en ammoniakemissie op gebiedsniveau zijn onder te verdelen in (i) regionale modelinput data en (ii) modelparameters die veelal variëren als functie van bodemtype of bodemeigenschappen. Hieronder zijn de verschillende data met hun bronnen genoemd.



Figuur B1.1 Schematische weergave van de wijze waarop de verdeling en transport van dierlijke mest wordt berekend en welke ondersteunende gegevens daarbij worden gebruikt.

Modelinput INITIATOR

De input van het model bestaat in grote lijnen uit:

- gedetailleerde ruimtelijke gegevens ten aanzien van bodem (bodemtype, C-, N-, P- en metaalgehalten), hydrologie, landgebruik en gewassen die afkomstig zijn uit beschikbare nationale GIS-datasets: de 1:50.000 bodemkaart en het landgebruik (ANIMO/LWKM voor de ruimtelijke verdeling, CBS voor de absolute hoeveelheid);
- geografisch expliciete landbouwteilinggegevens, met o.a. het aantal dieren per bedrijf, het staltype en de locatie van stallen (GIAB), in het model geaggregeerd tot bedrijfsniveau;
- mestverwerking en export (CBS) op postcodeniveau 4 (PC4; voor rundvee-, varkens- en pluimveemest).

In het Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB: Van Os en Kros, 2022) is informatie over verschillende agrarische grondgebruikfuncties een belangrijke basis om effecten van beleidsmaatregelen te analyseren of om nieuwe ontwerpen te maken. Hierin zijn gegevens opgenomen van landbouwbedrijven die meedoen aan de jaarlijkse landbouwteiling (LBT, onderdeel van de Gecombineerde Opgave; GO) van RVO en bewerkt door het CBS. De gegevens zijn gekoppeld aan de locatie van de hoofdvestiging van het landbouwbedrijf. Het bestand wordt onder andere gebruikt bij onderzoek naar dierziekten, landbouwstructuuranalyses, effecten van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid en bij onderzoek naar emissies van geur, ammoniak en fijnstof.

Vanaf emissiejaar 2009 is GIAB verder gedetailleerd tot een versie waarin de dieren aantallen van de LBT worden onderverdeeld naar de verschillende bedrijfslocaties van één bedrijf, die veehouderijbedrijven in gebruik hebben binnen de I&R (Identificatie & Registratie van dieren; Regeling identificatie en registratie van dieren). Belangrijke variabelen zijn het bedrijfstype, de bedrijfsomvang, arealen per gewas en aantallen per diergroep. Vanaf 2011 is ook de verdeling van dieren over de nevenvestigingen en de ligging daarvan beschikbaar en vanaf 2015 wordt gebruikgemaakt van de Opgave Huisvesting Veehouderij (OHV), dat in tegenstelling tot de LBT geen momentopname (1 april) betreft, maar een opname op meerdere momenten in het jaar en onderscheid maakt tussen hoofd- en nevenvestiging. Hierdoor wordt een representatiever beeld verkregen over het aantal aanwezige dieren.

De volgende modeldata en -parameters worden meegenomen (niet uitputtend):

- Gebruiksnormen ten aanzien van mestgebruik voor N en P (RVO)
- Beweidingsduur (LBT)
- Mestverwerking (RVO/CBS)
- Gebruikte mesttoedieningstechniek (LBT)
- Acceptatiegraden voor dierlijke mest door de akkerbouwbedrijven op basis van de huidige vervoersbewijzen dierlijke mest (RVO)
- Fosfaatstatus bodem (P-AL/Pw; RVO)
- Bedrijven met derogatie (RVO)
- Excretiefactoren en de verdeling van de mest over weide- en stal mest: deze zijn afkomstig uit NEMA (Van Bruggen et al., 2022)
- Ammoniak, methaan en lachgas emissiefactoren, afkomstig uit NEMA (Van Bruggen et al., 2022)

Er loopt momenteel veel onderzoek naar actualisering, verfijning en verbetering van de methaan- en lachgasemissiefactoren. Dit onderzoek zal de komende jaren leiden tot een verbetering van de berekening van emissies van ammoniak, methaan en lachgas.

Berekening van bedrijfsspecifieke emissiefactoren in INITIATOR

INITIATOR maakt gebruik van de emissiefactorenmethodiek uit NEMA²², waarbij de Rav-emissie²³ die per dierplaats worden omgerekend in emissiefactoren op basis van de excretie van ammoniakale N (TAN) in een referentiejaar van de Rav-vaststelling. Deze procedure gaat als volgt:

- In GIAB is voor iedere stal de door de boer opgegeven Rav-typering bekend;
- Aan de hand van de Rav-tabel van RVO met de NH₃-emissie per dierplaats (kg NH₃/dp) wordt de betreffende emissie gekoppeld aan het staltype uit GIAB;
- De Rav-emissie in kg NH₃/dp wordt op basis van de NEMA-berekeningsmethodiek omgerekend naar een NEMA-emissiefactor uitgedrukt in kg NH₃-N emissie per kg TAN. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de benodigde locatiespecifieke informatie zoals de beweidingsgraad (uit LBT), opslag en TAN (uit NEMA);
- Voor een melkveebedrijf met beweiding betekent dit dat voor de stal de bedrijfsspecifieke stalemissiefactor (in kg NH₃-N/kg N) wordt berekend uit het quotiënt van de voor bedrijfsspecifieke beweiding gecorrigeerde Rav-emissie van permanent opstallen (kg NH₃/dp) en de (TAN) excretie in de stal (kg NH₃-/dier), waarbij tevens rekening wordt gehouden met stalbezetting en omrekening van NH₃ naar NH₃-N.

Effecten van maatregelen op de samenstelling van voer (met name voor melkvee) zijn in de berekeningen opgelegd in termen van reducties op de huidige excreties (zowel voor stikstof als methaan). Er is echter geen excretiemodel toegepast waarin de effecten van veranderingen in arealen en de samenstelling van ruwvoer op stikstof-, fosfaat- en koolstofexcreties is doorgerekend.

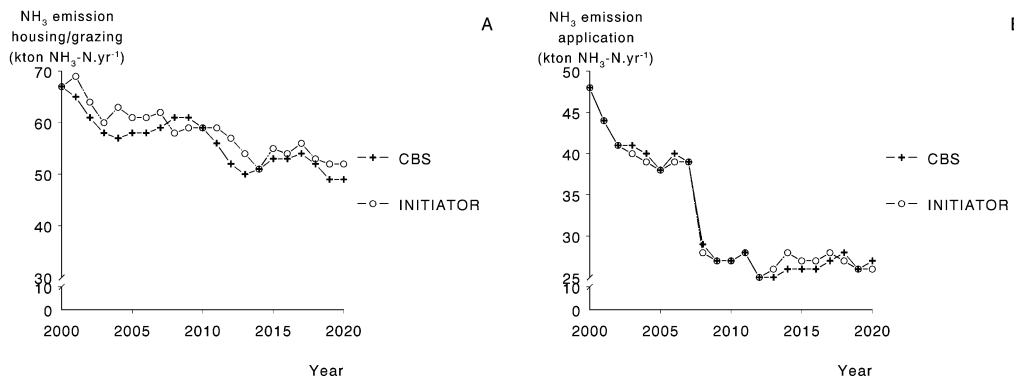
Vergelijking ammoniakemissie INITIATOR en NEMA

In Figuur B1.1a zijn de berekende trends in de totale nationale landbouw ammoniakemissie voor de periode 2000-2020 berekend met INITIATOR en NEMA. De resultaten laten zien dat de trends redelijk goed met

²² NEMA is het model dat gebruikt wordt door Emissie Registratie om jaarlijkse de nationale ammoniak- en broeikasgasemissies te berekenen; 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. *Methodie 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.

²³ Regeling ammoniak en veehouderij: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/2022-12-01>

elkaar overeenkomen. Wel is het zo dat met name voor de jaren 2019 en 2020 de stalemissies van INITIATOR wat hoger en de toedieningsemissies wat lager uitvallen dan die van NEMA.

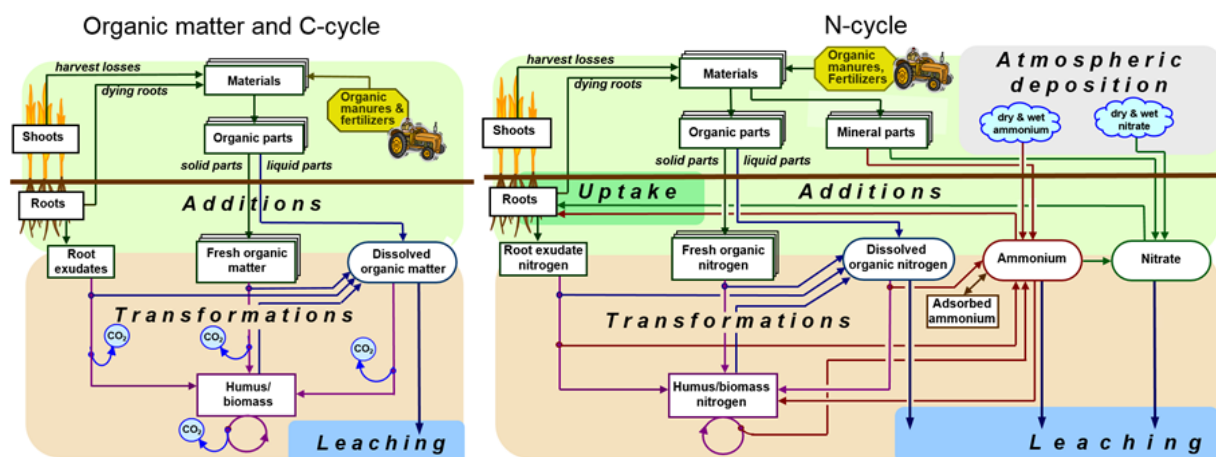


Figuur B1.1a Berekende trends in NH₃-N emissies (in kton NH₃-N per jaar) vanuit stallen, opslagen en beweiding (A) en NH₃-N emissies door dierlijke mesttoediening en kunstmestgebruik (B) voor de periode 2000-2020 voor de gehele landbouwsector in Nederland, berekend met INITIATOR (INITIATOR) en berekend met NEMA (CBS) (bron: De Vries et al., 2023).

Landelijk Waterkwaliteitsmodel

Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM) is een onderdeel van het Nationaal Watermodel en bestaat uit de modelketen ANIMO en KRW-verkenner (Van der Bolt et al., 2020). Binnen de onderhavige studie is alleen het ANIMO-model toegepast (ANIMO/LWKM). Dit model wordt gebruikt om nitraatconcentraties in het grondwater, de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden en waterkwaliteitskenmerken van het oppervlaktewater te berekenen. Het ontvangt daarvoor input vanuit INITIATOR.

Het ANIMO-model berekent zelf geen waterbalanstermen, maar de benodigde hydrologische informatie wordt aangeleverd met de rekenresultaten van hydrologische modellen (Groenendijk et al., 2005). Vanwege de sterke interactie van stikstof met organische stof is in het model, naast een volledige beschrijving van de stikstof- en fosforkringloop in de bodem, ook een volledige beschrijving van de organische stofkringloop in de bodem opgenomen. In de bodem worden vier pools van organische stof beschreven (Figuur B1.2).



Figuur B1.2 Schematische weergave van de organische stof- en stikstofkringloop in het ANIMO-model.

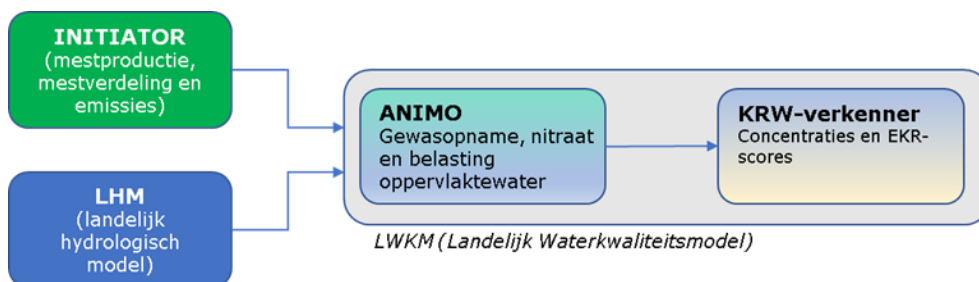
Het ANIMO-model (Groenendijk et al., 2005) is een dynamische simulatiemodellen met (i) een module voor het transport en omzetting van opgeloste organische stof en opgeloste organisch gebonden stikstof en fosfor en (ii) een module waarin biologisch-chemische processen en transportprocessen in het topsysteem van het

grondwater worden beschreven. Het model berekent hiermee concentraties en vrachten van opgeloste organische C (DOC), ammonium, nitraat, opgeloste organisch gebonden stikstof (DON), ortho-fosfaat en opgeloste organisch gebonden fosfor (DOP). Met de beschrijving van de organische stofkringloop in de bodemmodule, in combinatie met de beschrijving van het transport van opgeloste organische componenten, zijn effecten van maatregelen ter verhoging het koolstofgehalte van de bodem op waterkwaliteit te evalueren.

De verse organische stof is in verschillende fracties ingedeeld om het afbraakverloop en het gehalte aan organisch gebonden stikstof en fosfor van allerlei soorten organische stof te kunnen simuleren. Voor fosfor is een afzonderlijke bodem-chemische module ontwikkeld waarmee instantane sorptie en de kinetische sorptie/vastlegging wordt gesimuleerd. Hiermee is het verouderingsproces van aan bodemdeeltjes gebonden fosfaat te simuleren, evenals de langzame nalevering bij het uitmijnen van de bodem.

De opname van stikstof en fosfor uit de bodem door gewassen wordt berekend in een procedure waarin eerst een berekening wordt gemaakt met de QUADMOD- en MEBOT-modules (Ten Berge et al., 2000; Schreuder et al., 2008; Ruijter en Conijn, 2010) van de potentiële opname en vervolgens aan de hand van de beschikbaarheid van minerale stikstof en minerale fosfor de uiteindelijke opname vast wordt gesteld. Bij het berekenen van de potentiële opname wordt uitgegaan van 1) de aanvoer van (voor gewasopname) werkzame stikstof en fosfor, 2) het N-leverend vermogen en het P-leverend vermogen van de bodem; 3) trendlijnen van de drogestofproductie van verschillende gewassen zoals deze is af te leiden van jaarlijkse CBS-opbrengstcijfers voor verschillende regio's en 4) regio-specifieke parameters van de QUADMOD- en MEBOT-modules. De waterhuishouding van landbouwpercelen heeft indirect invloed op de gewasopname door de definitie van de diepte van de wortelzone en de met het LHM-model berekende gewastranspiratie.

Afhankelijk van de wijze waarop de modelinvoer is samengesteld, is het ANIMO-model toe te passen op perceelschaal, de schaal van stroomgebieden en de landelijke schaal. Voor de toepassing binnen het Landelijk Waterkwaliteitsmodel wordt uitgegaan van een landelijke schematisering van bodemprofielen, gewassen en hydrologische informatie. De keten van deelmodellen van het Landelijk Waterkwaliteitsmodel is weergegeven in Figuur B1.3. De hydrologische informatie voor ANIMO wordt berekend met het Landelijk Hydrologisch Model (LHM-model) en binnen het LWKM 1.2 verwerkt naar een schematisering van Hydrological Respons Units (HRU's).



Figuur B1.3 Schema van gekoppelde modellen in het Landelijk Waterkwaliteitsmodel.

Door de koppeling aan INITIATOR kan het ANIMO-model de effecten van diverse scenario's ten aanzien van de intensiteit van de veestapel, de aanwending van dierlijke mest en kunstmest en de verandering van landgebruik doorrekenen. Het KRW-verkenner deelmodel van het LWKM1.2 berekent concentraties van N en P in het oppervlaktewater en gebruikt het rekenresultaat van ANIMO als input voor deze berekening.

De modellen (INITIATOR en ANIMO), zoals gebruikt in deze studie, zijn eerder gebruikt voor de Plan-MER rapportage (Van Boekel et al., 2021) van de Nitraatrichtlijn en Nationale Analyse waterkwaliteit zijn gebruikt (Van Gaalen et al., 2020). Voor het toetsen of Nederland voldoet aan de nitraatnorm worden meetgegevens gebruikt van het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM; Van Duijnen et al., 2021). De gebruikte modellen zijn gekalibreerd op meetgegevens. Voor lössgronden is het uitspoelingsmodel ANIMO voor nitraat minder goed geparametriseerd dan voor zandgronden. Het grondwater in het gebied met lössgronden

bevindt zich op grote diepte (vaak dieper dan 20 m). De metingen en berekeningen van nitraatconcentratie zijn gebaseerd op nitraatconcentraties in het bodemvocht (op zo'n 1,5 m diepte).

in de onderhavige studie is een reductieopgave voor de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor per provincie bepaald. Dit komt tot stand door een keten aan informatiebewerkingen en modelberekeningen (Groenendijk et al., 2016) en door de opschaling van modelresultaten per stroomgebied behorend bij waterlichamen naar provincies. Voor de berekening van uit- en afspoeling op landelijke en regionale schaal heeft het PBL (2017) indicaties gegeven over de modelonzekerheid van ANIMO, variërend van 25-50% op de landelijke schaal tot 100-200% op een gedetailleerde schaal. Een onzekerheid zit ook in het aandeel van achtergrondbelasting in de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor (dit is de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor uit de bodem, die niet door de landbouw zijn toegediend, bijvoorbeeld de stikstof en fosfor die via kwel uit de ondergrond worden aangevoerd). Dit aandeel is medebepalend voor het effect van maatregelen op de waterkwaliteit. Metingen van achtergrondbelasting zijn schaars en daarom zijn de berekende waarden moeilijk te verifiëren. Voor het doel van een onderlinge vergelijking van scenario's is de onzekerheid beperkt (omdat in beide scenario's dezelfde onzekerheden voorkomen).

Effecten van scenario's zijn voor emissies naar de lucht beoordeeld op hun effect in 2030. Voor de uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater zijn de effecten doorgerekend tot en met 2045. Dat is vijftien jaar nadat de maatregelen geacht worden volledig geïmplementeerd te zijn. Fosfaatuitspoeling heeft een lange na-ijling, omdat de hoeveelheid die in de bodem zit vele malen groter is dan de hoeveelheid die jaarlijks uitspoelt. Ook na het zichtjaar 2030 kan zich nog een verdere daling voordoen. Naarmate het tijdstip verder in de toekomst ligt, wordt het steeds lastiger betrouwbare voorspellingen te doen. Bij fosfaat kan de afname van de bodemvruchtbaarheid een rol gaan spelen, waardoor de gewasopname iets kan afnemen en daardoor kunnen het toekomstige nutriëntenoverschot op de bodembalans en de uitspoeling iets groter zijn dan wanneer de gewasopname niet afneemt (dit was de aanname in de berekeningen in deze studie). Voor langetermijnvoorspellingen zijn dergelijke terugkoppelingen van belang.

De interacties tussen koolstof- en stikstofprocessen in ANIMO/LWKM met RothC en ANIMO/LWKM met SOMERS zijn niet meegenomen.

Operationele Prioritaire Stoffen model

De NH₃-depositie ten gevolge van de Nederlandse landbouw op de Natura 2000-gebieden is berekend met het Operationele Prioritaire Stoffen model (OPS) versie 5.0.0.0 (Sauter et al., 2015). Voor de stal- en opslagmissies (op 250m×250m als invoer) is de depositie op 250m×250m bepaald en afzonderlijk per bedrijfslocatie²⁴ en per diercategorie (rundvee, varkens, pluimvee en overig) berekend. Voor de toedienings- en beweidingsemissies, inclusief emissies van gewasresten en afrijping gewassen (op 500m×500m als invoer) is de depositie op 500m×500m bepaald. Voor de totale NH₃-depositie worden beide depositielagen bij elkaar opgeteld.

Naast de ammoniakemissies uit de landbouw dragen ook emissies uit andere bronnen bij aan de totale stikstofdepositie. Voor de bepaling van de totale stikstofdepositie is gebruikgemaakt van de RIVM/CLO-kaarten voor 2020 en 2030 per km-cel (<https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/depositiekaarten>). Deze kaarten maken onderscheid in verschillende emissiebronnen en zijn uitgesplitst naar NO_x en NH₃. De NO_x-kaart is overgenomen van RIVM/CLO. Voor ammoniak is in het kader van de onderhavige studie een uitsplitsing gemaakt naar NH₃-emissie uit de landbouw en de overige NH₃-emissie. Deze overige NH₃-emissie wordt afgeleid door de totale NH₃-depositie berekend door het RIVM, te verminderen met de in de onderhavige studie berekende depositie door de Nederlandse NH₃-emissie uit de landbouw.

De ligging van de stikstofgevoelige habitattypen en de leefgebieden per Natura 2000-gebied alsmede de corresponderende KDW-waarden zijn gebaseerd op kaarten zoals gebruikt door het RIVM.²⁵ Het momenteel actueelste bestand is de versie van 13 januari 2022, dat ook voor Aerius (www.aerius.nl) wordt gebruikt.

²⁴ Dit betekent dat de emissie en de resulterende depositie per stal zijn doorgerekend op een resolutie van 250m×250m. Dit betekent dat wanneer er in een 250m×250m-cel meerdere stallen voorkomen, deze apart zijn doorgerekend, maar waarbij wel dezelfde emissie-depositierelatie gehanteerd is.

²⁵ <https://www.aerius.nl/nl/factsheets/open-data-relevante-habitatkartering/13-01-2022>

RothC

Het RothC-model is een dynamisch model om de koolstofdynamiek in minerale bodems te simuleren en daarmee de C-vastlegging en CO₂-emissie. Het model is gekalibreerd op langetermijn-experimenten uit het Rothamsted Research station in het Verenigd Koninkrijk en wordt internationaal veel toegepast (Coleman en Jenkinson, 2014). Het model wordt ook gebruikt in project Slim Landgebruik (<https://www.slimlandgebruik.nl/>) en deze methodiek zal vanaf 2023 ook gebruikt worden om veranderingen in de koolstofvoorraad van minerale landbouwbodems in Nederland te kwantificeren en te rapporteren in het kader van Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF).

Het model houdt rekening met de effecten van bodemtype, temperatuur, vochtgehalte en bodembedekking op de afbraak van organische koolstof. Het model gebruikt maandelijkse tijdstappen om veranderingen in de organische koolstofvoorraad te berekenen op een tijdschaal van één jaar tot eeuwen. In het RothC-model wordt de koolstof in de bodem verdeeld over vier actieve koolstofpools en een pool met inerte organische stof. Elk van deze vier pools heeft zijn eigen specifieke afbraakcoëfficiënt die wordt beïnvloed door textuur, temperatuur, vocht en bodembedekking en zijn dus plaats-specifiek. De C-aanvoer wordt bepaald door de C-toevoer via gewasresten en organische mest vanuit INITIATOR. Voor deze studie is gerekend met een bodemdiepte van 25 cm; dit is de laag waar de meeste aanvoer en afbraak van koolstof in de bodem plaatsvindt.

Voor het jaar 2021 is op 4-cijfer postcodeniveau een berekening gemaakt van de bodemkoolstofvoorraad, de aanvoer van koolstof naar de bodem en de koolstofbalans voor de huidige situatie onder akkerland en grasland, de zogenaamde baseline. De berekeningen zijn gebaseerd op de uitgangspunten beschreven door Lesschen et al. (2021), waarbij de gewasarealen zijn geactualiseerd voor het jaar 2021. Voor het bepalen van het effect van maatregelen is verandering in C-vastlegging ten opzichte van de baseline bepaald.

SOMERS

Het effect van vernatting om veenoxidatie en CO₂-emissie te reduceren, is berekend met de rekenregels van het model SOMERS (Subsurface Matter Emission Registration System; Erkens et al., 2022). SOMERS²⁶ is een registratiesysteem om te bepalen of de reductiedoelstelling voor de CO₂-emissie voor veenweiden op termijn daadwerkelijk wordt gehaald. SOMERS wordt ontwikkeld in het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweide (<https://www.nobveenweiden.nl/>). In dit onderzoeksprogramma wordt onderzoek verricht naar methoden om broeikasgasemissies uit veengronden te verminderen, waaronder het verhogen van het grondwaterpeil en waterinfiltratie.

SOMERS bestaat uit rekenregels afgeleid van verschillende modellen op perceelniveau. In de huidige versie wordt gebruikgemaakt van het PeatParcel2D-model en de Aerobe AfbraakPotentie-module, maar op termijn kunnen ook procesmodellen zoals ANIMO gebruikt worden. In de onderhavige studie is een eerste concept gebruikt (<https://www.nobveenweiden.nl/rekenregels/>).

Met SOMERS zijn inschattingen gemaakt voor 'karakteristieke' situaties in drie verschillende peilgestuurde veengebieden in Nederland. Met grondwatermetingen van 28 referentiepercelen en 24 percelen met onderwaterdrainage is het model gekalibreerd voor elk van de drie regio's. Met de rekenregels van de verschillende referentiesituatie-sets kan indicatief inzicht worden verkregen in de effecten van maatregelen op de reductie van broeikasgasuitstoot voor het gehele peilgestuurde veenweidegebied Nederland.

SOMERS kan op dit moment nog niet de emissies van CH₄ en N₂O uit veengronden meenemen. In de file met uit SOMERS afgeleide resultaten staat de mediane (en minimale en maximale) CO₂-uitstoot voor alle combinaties van veenbodemtype, slootafstand, type maatregel (referentie, onderwaterdrainage of drukdrainage), drukdrainagescenario (hoog of medium peil) en drooglegging. Ook zijn de huidige arealen voor deze situaties beschikbaar. Op basis hiervan zijn berekeningen gemaakt van de impact van de voorgestelde maatregelen uit de regionale veenweidestrategieën op de CO₂-uitstoot.

Het NOBV loopt nog tot en met 2024, waarbij broeikasgasmetingen worden uitgevoerd op verschillende locaties, verspreid over het Nederlandse veenweidegebied; de onderzoeksresultaten van het NOBV worden in 2024 opgeleverd. Er lopen discussies over het effect van vernatting op CO₂-emissies en er zijn nog maar korte meetreeksen beschikbaar, zodat de hier berekende emissiereducties nog een behoorlijke onzekerheid kennen.

²⁶ <https://www.nobveenweiden.nl/rekenregels/>

Bijlage 2 Uitwerking basisjaar 2020 en referentieraming 2030

In deze bijlage wordt de uitwerking van het de twee referentiejaren weergegeven. Het basisjaar 2020 is zo veel mogelijk gebaseerd op de gegevens van 2020. De referentieraming 2030 (RR) is gebaseerd op de jaarlijkse Klimaat- en Energieverkenning (KEV2021; Vonk et al. (2021)). Voor het mestbeleid zijn de gebruiksvoorschriften en gebruiksnormen van het 6^e Actieprogramma en geen overbemesting van mest leidend geweest in het scenario van de referentieraming 2030.

B2.1 Basisjaar 2020 (BJ)

Voor het basisjaar 2020 zijn de volgende versies en uitgangspunten per model gehanteerd:

INITIATOR:

- Versie 5 2022 (De Vries et al., 2023)
- Gecombineerde opgave (OHV, LBT, BRP) en mesttransport (VDM, VZC) 2020
- Wet- en regelgeving 2020

OPS:

- Versie 5.0.0.0 (Sauter et al., 2015)
- Langjarige gemiddelde weer
- Emissiehoogte: stallen 5 m; mesttoediening 0,5 m

RothC:

- RothC-versie 26.3 (Coleman en Jenkinson, 2014) geïmplementeerd in het MITERRA-NL model (Lesschen et al., 2021)
- Gewasarealen en arealen groenbemester/vanggewas uit BRP 2021

SOMERS:

- SOMERS rekenregels versie 1
- 2017 als basisjaar

ANIMO/LWKM:

- Versie uit LWKM1.2

B2.2 Referentieraming 2030 (RR)

Het scenario van de referentieraming 2030 betreft een aanpassing van het basisjaar 2020 met INITIATOR aan de hand van de uitgangspunten in de KEV2021. De keuze voor 2020 (rekenjaar-1 jaar) als basisjaar wijkt af van de methodiek van KEV2021, dat 2019 (rekenjaar-2 jaar) als basisjaar gebruikt.

Voor de INITIATOR-berekening voor 2030 wordt gebruikgemaakt van de verhouding van dieraantallen, landbouwarealen, voorgenomen veranderingen in het mestbeleid, excreties, staltypen, beweiding en mestmanagement tussen de KEV2021-raming voor 2030 en 2020. De verhouding tussen beide KEV-ramingen resulteert in schaalfactoren die we hieronder nader toelichten. Daarbij zijn we voor de referentieraming 2030 (RR) uitgegaan van de scenario Vastgesteld + voorgenomen beleid (vnb) uit KEV2021. Dit omvat alle beleidsmaatregelen van de Rijksoverheid of de Europese Unie die op 1 mei 2021 zijn gepubliceerd en alle andere afspraken die tot en met die datum concreet geformuleerd en officieel vastgelegd zijn. De INITIATOR-implementatie van de transformatie is hieronder cursief weergegeven.

B2.2.1 Dieraantallen

De veranderingen in dieraantallen ten gevolge van huidig vastgesteld en voorgenomen beleid zijn weergegeven in Tabel B2.1. In de KEV2021 zijn de diercategorieën uitgesplitst naar WUM-diercategorieën, terwijl INITIATOR gebruikmaakt van Rav-diercategorieën. Derhalve zijn de WUM-diercategorieën (zoals gebruikt in KEV en NEMA) geclusterd naar de Rav-categorie (zoals gebruikt in INITIATOR) en per Rav-diercategorie is een dieraantal gewogen gemiddelde schaalfactor bepaald.

Implementatie in INITIATOR:

In Tabel B2.1 is de trend in dieraantallen gegeven voor 2030 t.o.v. 2020 voor het vvb zoals die toegepast is in INITIATOR.

Tabel B2.1 Ontwikkeling van dieraantallen ten opzichte van 2020 voor de referentieraming 2030, uitgaande van het vastgesteld + voorgenomen beleid (vvb) per Rav-categorie (zoals gebruikt in INITIATOR), gebaseerd op de onderliggende dieraantallen gewogen gemiddelde WUM-categorieën (bron: KEV2021).

Rav-categorie (INITIATOR)	WUM Diercategorieën (KEV/NEMA)	Schaalfactor KEV2021 (gewogen gemiddeld) RR
	Rundvee	
A1	melk- en kalfkoeien - regio Noordwest	0,95
	melk- en kalfkoeien - regio Zuidoost	
A2	vrouwelijk jongvee 2 jaar en ouder	1,00
A3	vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	0,94
	mannelijk jongvee jonger dan 1 jaar	
	vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	
	mannelijk jongvee 1-2 jaar	
	mannelijk jongvee (incl. ossen) jonger dan 1 jaar	
A4w	vleeskalveren voor de witvleesproductie	0,99
A4r	vleeskalveren voor de rosé vleesproductie	0,99
A6	vrouwelijk jongvee 1-2 jaar	0,99
	mannelijk jongvee (incl. ossen) 1-2 jaar	
A7	stieren voor de fokkerij 2 jaar en ouder	0,95
	mannelijk jongvee (incl. ossen) 2 jaar en ouder	
	zoog-, mest- en weidekoeien	
	Varkens	
D3	vleesvarkens	0,95
	opfokzeugen en -beren	
D12	guste en dragende zeugen	0,92
D13	zeugen bij de biggen	0,92
	opfokberen 50 kg en meer	
D2	dekrijpe beren	0,91
	Pluimvee	
E3	ouderdieren van slachtrassen jonger dan 18 weken	0,95
E4	ouderdieren van slachtrassen 18 weken en ouder	0,95
E1	leghennen jonger dan 18 weken	1,00
E2	leghennen 18 weken en ouder	1,00
A5	vleeskuikens	0,95
G12	eenden	1,00
F4	kalkoenen	1,00

B2.2.2 Arealen

Op basis van de KEV2021 neemt tussen 2020 en 2030 voor alle gewassen het landbouwareaal met 4% af (bron: KEV2021; Tabel 10). In de KEV worden deze reducties uniform toegepast op de areaalverdeling in

2020. Dit betekent dus dat er geen verschuiving tussen de gewascategorieën onderling plaatsvindt en ieder gewas met 4% in areaal afneemt.

Deze benadering hebben we in INITIATOR overgenomen:

- $\text{Areaal gewas } g \text{ in } 2030 = \text{Areaal gewas } g \text{ in } 2020 \times 0,96$

B2.2.3 Stikstof- en fosfaatexcretie

Rundvee

Op basis van de in KEV2021 aangenomen (autonome) toename in melkproductie per dier (0,9% in Noordwest-Nederland en 1% in Zuidoost-Nederland per jaar) neemt ook de excretie van melk- en kalfkoeien toe. Bijlage 3 en 4 van KEV2021 geeft de te verwachten trends in respectievelijk N- en P_2O_5 -excretie per dier per jaar. Op basis van deze gegevens is de te verwachten verandering in N- en P_2O_5 -excretie per dier in 2030 t.o.v. 2020 berekend.

De belangrijkste verandering betreft een toename in N-excretie van melk- en kalfkoeien in 2030 van 4% t.o.v. 2020. Gezien het geringe verschil in toename van de melkproductie wordt geen onderscheid gemaakt in de toename van de excretiefactoren tussen de twee melkveeregio's. De veranderingen in N-excretie in de overige rundveecategorieën zijn < 1% en worden niet meegenomen.

In INITIATOR worden alleen de N-excretieveranderingen tussen 2020-2030 voor melk- en kalfkoeien meegenomen; voor het overige rundvee is de toe- of afname in N-excretie verwaarloosbaar.

Voor de P_2O_5 -excretie is er voor melk- en kalfkoeien een toename van 9% t.o.v. 2020. Tevens blijkt voor P_2O_5 , in tegenstelling tot voor N, dat er voor alle categorieën een toename in P_2O_5 -excretie plaatsvindt. De verwachte verandering in P-excretie per rundveecategorie voor 2030 volgens KEV2021 is weergegeven in Tabel B2.2.

Tabel B2.2 Schaalfactoren voor de ontwikkeling van P_2O_5 -excretie voor de referentieraming 2030 uitgaande van het vastgesteld + voorgenomen beleid (vvb) ten opzichte van 2020 (bron KEV2021; Bijlage 4).

Rav-code	Rav-omschrijving	Schaalfactor P_2O_5 -excretie 2030
A1	Melk/kalfkoeien > 2 jr	1,08
A2	Zoogkoeien en overig rundvee > 2jr	1,14
A3	Vrouwelijk jongvee < 2jr	1,13
a4r	Vleeskalveren rose	1,01
a4w	Vleeskalveren wit	1,00
A6	Vleesstieren en overig vleesvee van circa 8 tot 24 maanden	1,04
A7	Fokstieren en overig rundvee ouder dan 2 jaar	1,11

In INITIATOR worden de veranderingen t.o.v. 2020, zoals weergegeven in Tabel B2.2, toegepast op de P_2O_5 -excretiefactoren van de betreffende rundveecategorieën.

In de KEV2021 is aangenomen dat het TAN-aandeel in de N-excretie in 2030 niet zal veranderen ten opzichte van de huidige situatie.

Het aandeel TAN in de N-excretie in 2030 is in INITIATOR gelijk gehouden aan die in 2020.

Overig vee

De N- en P_2O_5 -excretie van overig vee wordt in sterke mate bepaald door de samenstelling van het rantsoen (ruwvoer en krachtvoer) en de productie van het dier (bijvoorbeeld groeisnelheid per dag). In de KEV2021 veranderen de excreties van varkens, pluimvee en andere diersoorten niet tussen 2021 en 2030. De N- en P-excreties van varkens en pluimvee zoals gerapporteerd door de WUM laat zien dat de excreties al geruime tijd vrij stabiel zijn.

In INITIATOR worden de N- en P-excreties van overig vee voor 2030 gelijk gehouden aan die van 2020, conform KEV2021.

B2.2.4 Methaanemissie door pensfermentatie

De trend in methaanemissie is gekoppeld aan de trend in melkproductie en neemt dus ook toe in de tijd. In Tabel B2.3 is de toename in CH₄-emissie door pensfermentatie weergegeven.

Tabel B2.3 Schaalfactoren voor de ontwikkeling in methaanemissie door pensfermentatie voor de regio's Noordwest- en Zuidoost-Nederland voor de referentieraming 2030 ten opzichte van 2020.

Regio	Schaalfactor 2030
Melkkoeien, Noordwest-Nederland	1,05
Melkkoeien, Zuidoost-Nederland	1,06

De overige methaanemissies t.g.v. pensfermentatie en mest houden we constant.

In INITIATOR wordt een toename van 5-6% van methaanemissie door pensfermentatie van melk- en kalfkoeien meegenomen.

B2.2.5 Beweiding

In de KEV2021 is de verwachting voor 2030 dat de duur van weidegang bij onbeperkt weiden en beperkt weiden gelijk zal blijven aan de huidige duur. Dit omdat, gezien de inzet van het Convenant Weidegang, verwacht mag worden dat het aandeel weidegang zal stabiliseren op het huidige niveau of nog (licht) toe zal nemen. In de KEV2021 is voor de periode tot 2040 verondersteld dat de beweiding in beide regio's gelijk blijft aan het gemiddelde van 2018 en 2019.

In INITIATOR wordt de beweiding in de referentieraming 2030 gelijk gehouden aan die in 2020.

B2.2.6 Gebruiksnormen

Stikstof

Voor de N-gebruiksnormen waren geen grote veranderingen te verwachten in de KEV2021 (NB Inmiddels is de derogatiebeschikking bekend, waarin wel een korting van gebruiksnormen in een deel van Nederland is aangekondigd). De gebruiksnormen voor 2021 zijn aangehouden in de berekeningen. Daarnaast is ten aanzien van de gebruiksnormen van dierlijke mest in de KEV2021 aangenomen dat de huidige derogatie in stand blijft (NB Inmiddels is bekend dat de derogatie wordt afgebouwd naar 2026).

In INITIATOR zijn de huidige (2021) stikstofgebruiksnormen en de derogatie toegepast voor de referentieraming 2030.

Fosfaat

In 2021 is overgestapt op een nieuw stelsel van fosfaatindicatoren en fosfaatgebruiksnormen. Daarbij wordt uitgegaan van twee in plaats van één getal bij het bepalen van de gebruiksnorm: de fosfaatvoorraad in de bodem en de voor planten beschikbare hoeveelheid. In KEV2021 wordt deze verandering niet meegenomen en wordt ervan uitgegaan dat er op nationale schaal weinig verandering optreedt in fosfaatbemesting. Lokaal kunnen wel verschillen optreden. Er is nog geen informatie beschikbaar voor INITIATOR over de nieuwe fosfaatindicatoren (de BasisRegistratie Percelen (BRP) 2021 zit nog niet in INITIATOR). Hierdoor zijn eventuele lokale veranderingen in fosfaatbemesting als gevolg van het nieuwe indicatorenstelsel niet meegenomen. De plaatsingsruimte van fosfaat wordt verondersteld gelijk te zijn aan de huidige (KEV2021).

In INITIATOR is voor de referentieraming 2030 uitgegaan van het oude stelsel (van 2020) van fosfaatindicatoren.

B2.2.7 Stalaanpassingen

In de KEV2021 zijn de stalaanpassingen voornamelijk gebaseerd op de implementatie van het Besluit emissiearme huisvesting (Beh²⁷). De KEV2021 maakt onderscheid in twee regio's: Noord-Brabant (en Limburg) en rest Nederland. Voor deze twee regio's zijn in de KEV2021 per dier-stalcombinaties veranderingen in emissiefactoren en implementatiegraden gegeven. In aanvulling hierop zijn per regio, jaar en sector specifieke aannames gedaan over de implementatiegraad van stalsystemen en de ontwikkeling van de emissiefactoren. De veranderingen in emissiefactoren van emissiearme stalsystemen zijn het gevolg van de te verwachten ontwikkeling in prestatie (door bijv. innovaties, beter management, beter onderhoud en beter toezicht), gecombineerd met het te verwachten vervangingstempo.

In INITIATOR zijn de implementatiegraad van stalsystemen en de emissiefactoren uit de KEV2030 op stalniveau – waarbij rekening is gehouden met de verschillen per provincie – toegekend aan de INITIATOR-berekening van de referentieraming 2030.

B2.2.8 Aannames met betrekking tot bemesting met dierlijke mest

In de berekening van de bemesting met dierlijke mest in 2020 op basis van de mestproductie (excretie × aantal dieren, gecorrigeerd voor stalemissies), de stikstof- en fosfaatgebruiksnormen en de export en verwerking van mest volgens de Vervoersbewijzen Dierlijke Mest (VDM), volgt dat er gemiddeld meer wordt bemest met dierlijke mest dan volgens de gebruiksnorm. Voor de referentieraming 2030 wordt aangenomen dat deze overbemesting dan niet meer plaatsvindt. Mest die niet geplaatst wordt, wordt geëxporteerd. Teeltvrije zones volgens het Activiteitenbesluit milieubeheer zijn niet geïmplementeerd in de referentieraming.

²⁷ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0036748/2017-01-01>

Bijlage 3 Uitwerking Maatregelen

In deze bijlage worden de maatregelen uitgewerkt die in de maatregelenpakketten in scenario S1 en scenario S2 zijn opgenomen, in de volgorde structuurmaatregelen, managementmaatregelen en technische maatregelen. Daar waar beide scenario's van elkaar verschillen, wordt dit ook bij de maatregel beschreven.

B3.1 Minder vee

Bij de maatregel minder vee wordt het aantal landbouwdieren gereduceerd. In deze studie wordt met een reductie van 20% gerekend ten opzichte van de referentieraming 2030. In de referentieraming 2030 is het aantal landbouwdieren met 5% gedaald. Dat betekent dat de reductie ten opzichte van 2020 circa 25% bedraagt.

Impact op emissies

Minder dieren leidt tot lagere NH₃-, CH₄- en N₂O-emissies uit stal, opslag en pensfermentatie. Voor aanwendingsemissies heeft de vermindering van het aantal dieren een relatief klein effect, omdat deze voor een groot deel bepaald wordt door de gebruiksnormen en omdat er bij 20% minder vee nog steeds voldoende mest beschikbaar is om de gebruiksnorm dierlijke mest op te vullen. Daarom is er ook nauwelijks effect op de uit- en afspoeling.

Modelmatige implementatie

Scenario S1:

Landelijk 20% minder vee op basis van dieraantallen generiek over alle diersoorten ten opzichte van de 2030-dieraantallen in de KEV2021. (NB Dit betekent dus ca. 25% minder (1- 0,95×0.80) vee en daarmee ook 25% minder N- en P-excretie in 2030 t.o.v. 2020.)

Scenario S2:

Landelijk 20% minder vee ten opzichte van de dieraantallen in 2030 en ruimtelijk gedifferentieerd op basis van de aandachtsgebieden uit Figuur 5.1. De 20% reductie in dieraantallen²⁸ wordt volledig gerealiseerd binnen de aandachtsgebieden N, O, V, B en D (zie paragraaf 5.3). Daarbij is het uitgangspunt dat we in deze gebieden streven naar een extensieve landbouw met een passende veedichtheid:

1. N = Natuur: N2000+NNN met 1 GVE/ha op natuurlijk grasland;
2. O = Overgangsgebieden: 1 km-buffer om N-gevoelige N2000 met 1 GVE/ha op gras en natuurlijk grasland;
3. V = Veenweiden: veengronden met 1,5 GVE/ha op alle landbouwgrond (gras-, natuurlijk gras- en bouwland);
4. B = Zoekgebieden voor brede zones in beekdalen: brede extensiveringszones in beekdalen waar een duidelijke KRW-opgave geldt met 1 GVE/ha op alle landbouwgrond (gras-, natuurlijk gras- en bouwland);
5. D = Depositiepotentie: de top 10% bedrijven met hoogste potentie voor reductie van depositie ten gevolge van de stalemissie (zgn. piekbelasters).

De uitwerking van minder vee in deze gebieden is als volgt bepaald:

- Voor het vaststellen van de dierlijke mestgiften gerelateerd aan GVE/ha hanteren we de 2020 WUM-fosfaatexcreties van een melk- en kalfkoe (het gemiddelde voor Nederland; CBS, 2021) als 1 GVE.

²⁸ Omdat reductie in dieraantallen de intentie heeft om de mestproductie te verminderen, wordt niet op basis van dieraantallen geschaald, maar op basis van P-excretie/-productie. Daarmee kunnen de verschillende diercategorieën vergelijkbaar en optelbaar worden gemaakt. P-excretie/-productie betreft een robuustere maat dan de N-productie, omdat deze laatste wordt beïnvloed door gasvormige N-emissies. Pluimveerechten, varkensrechten en fosfaatrechten voor melkvee worden ook gebaseerd op fosfaatexcretie.

- Per aandachtsgebied is op basis van de mestgiften en het (bemeste) landbouwareaal in de zone de maximale P-excretie berekend. Gegeven de P-excretie per zone in de referentieraming 2030 en de maximale veedichtheid (1 of 1,5 GVE/ha) in scenario S2, is het reductiepercentage in dieraantallen bepaald om de maximale P-excretie te halen.
- De P-excretie per aandachtsgebied in referentieraming 2030 is de som van de P-excretie van alle bedrijven met percelen, gewogen naar het oppervlakteaandeel, in het betreffende aandachtsgebied. Toekenning van landbouwbedrijven aan een aandachtsgebied is gedaan op basis van het aandeel percelen in een aandachtsgebied. Ingeval er sprake is van ligging van een perceel in meerdere aandachtsgebieden, dan zijn de percelen aan het aandachtsgebied toegekend op basis van de volgende volgorde startende met de hoogste prioritering: N, O, V en B.
- In zone D worden de bedrijven met hoogste potentie voor reductie van depositie ten gevolge van de stalemissie (zgn. piekbelasters) geselecteerd op basis van de 'vracht'-benadering, zoals gebruikt en beschreven in een studie voor de provincie Gelderland (Gies et al., 2021). Deze bedrijven liggen met name in de veedichte gebieden in Nederland, met een sterke concentratie rondom Natura 2000-gebied de Veluwe (dit i.v.m. de vele veehouderijen rondom dit gebied in combinatie met de oppervlakte van de stikstofgevoelige natuur in dit gebied). Voor deze bedrijven geldt dat het reductiepercentage in P-excretie bepaald wordt door hetgeen naast de extensivering in de overige zones nog nodig is om landelijk tot 20% reductie in P-excretie van de veestapel te komen.

B3.2 Bufferstroken

Bufferstroken worden beschouwd als bemestingsmestvrije perceelsranden langs waterlopen en waar geen aanvullende maatregelen worden genomen zoals een aanpassing van het sloottalud. In het kader van de PlanMER van het concept NAP7 is een analyse uitgevoerd naar bufferstroken (Van Boekel et al., 2021). De in deze studie geïdentificeerde waterlopen zijn in de onderhavige studie ook gebruikt en zijn de volgende breedten van bufferstroken langs waterlopen toegekend:

- 5 m langs regionale KRW-waterlichamen en aangewezen ecologische kwetsbare waterlopen volgens art. 3 uitvoeringsbesluit Meststoffenwet;
- 3 m langs overige permanent watervoerende waterlopen (incl. percelen met buisdrainage);
- 1 m langs droogvallende waterlopen;
- daarnaast is verondersteld dat bij een ruimtebeslag van meer dan 4% van het perceelareaal de breedte van de bufferstrook wordt verkleind, zodat maximaal 4% van een perceel niet meer wordt bemest (m.u.v. de onder a. genoemde ecologisch kwetsbare waterlopen).²⁹

Het totaal oppervlak aan landbouwgrond dat in het kader van deze maatregel niet meer wordt bemest, bedraagt ca. 45.000 ha. Dit is ruim 2,6% van het Nederlandse landbouwareaal. In de natte veengebieden met veel oppervlaktewateren bedraagt het 4% (gemaximeerd op dit percentage) en in de droge zandgebieden met weinig sloten is het 1 tot 2%.

Impact op emissies

Geen bemesting in bufferstroken leidt tot een afname in nitraatconcentratie, vermindering van uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar oppervlaktewater en minder veldemissies van NH₃ en N₂O vanuit de bufferstrook zelf. Tevens hebben de bufferstroken een onderscheppend effect op af- en uitspoelend stikstof en fosfor van de rest van het perceel, waardoor deze nog verder zal afnemen. Ten slotte is er ruimte in deze bufferstroken voor koolstofvastlegging wanneer dit land wordt omgezet in grasland en er minder bewerking plaatsvindt.

Modelmatige implementatie

De maatregel is geïmplementeerd door per perceel het oppervlak aan bufferstrook te berekenen volgens bovenstaande regels, waarbij de categorie 'Overige' en landgebruikstypen met een natuurfunctie in de

²⁹ Dit wijkt iets af van de beschrijving in de concept-derogatiebeschikking. Daar wordt aangegeven dat, ingeval de bufferzone meer dan 4% van het perceelsareaal is, er een stapsgewijze versmalling van 5 m naar 3 m naar 1 m en ten slotte naar 0,5 m mogelijk is. Iedere keer als het areaal meer dan 4% is, mag een stap versmald worden. In theorie kun je daarmee iets lager dan 4% van het perceelareaal uitkomen. In deze studie is daar geen rekening mee gehouden en is 4% als criterium genomen.

Basisregistratie Percelen zijn uitgesloten. Vanuit de database met perceelinformatie zijn oppervlakten en oppervlaktenfracties geaggregeerd naar:

- Landbouwdeelgebieden per gewastype en per hoofdgrondsoort ten behoeve van berekeningen met de bemestingsmodule van INITIATOR. Bij de bemestingsberekening is het oppervlak aan bufferstrook in rekening gebracht op de mestgebruiksruimte per combinatie van gebied, gewastype en grondsoort.
- Rekeneenheden van het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (HRU's). Met een algoritme wordt op basis van oppervlakfracctie bufferstrook, grondsoort, gewas, grondwatertrap, buisdrainage, aanwezigheid van keileem in de ondergrond en de fosfaattoestand van de bodem (Van Boekel et al., 2021) per rekeneenheid een reductiefactor voor de stikstofuit- en afspoeling en voor de fosforuit- en afspoeling vastgesteld. Deze reductiefactoren worden toegepast (als nabewerking) op de met ANIMO/LWKM berekende stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater.
- De arealen bufferstrook op bouwland zijn geaggregeerd naar 4 cijfer-postcodegebieden voor de berekeningen met RothC. Daarin zijn deze arealen doorgerekend als onbemest grasland.

De bufferstroken worden verondersteld voor scenario S1 en S2, maar niet voor het referentiescenario (was nog niet opgenomen in bestaand en voorgenomen beleid van KEV2021).

B3.3 Extensiveren in brede bufferstroken in beekdalen

Buffergebieden in beekdalen is een maatregel om stikstof- en fosforuitspoeling te beperken en kunnen gebruikt worden voor koolstofopslag of natuurontwikkeling (vergroten biodiversiteit). De breedte van 250 m dient beschouwd te worden als een rekengrootheid om het totale areaal te schatten. In gebiedsprocessen in de provincies zal de exacte ligging van de buffergebieden moeten worden vastgesteld, waarbij rekening wordt gehouden met de lokale omstandigheden).

Impact op emissies

Extensivering leidt tot een verminderde aanvoer van stikstof en fosfaat op de percelen die als buffergebied worden gebruikt. Dit resulteert in lagere emissies van ammoniak en broeikasgassen en uit- en afspoeling van nutriënten. Het netto-effect van het inrichten als buffergebied is ook afhankelijk van de wijze waarop deze gebieden ingericht zullen worden. Bij vernatting van het buffergebied zou de emissie van broeikasgassen en de uitspoeling van fosfor iets kunnen toenemen. Met vernatting is in deze studie geen rekening gehouden.

Modelmatige implementatie

Voor het bepalen langs welke beken dergelijke buffergebieden van toepassing zouden kunnen zijn, is uitgegaan van:

- De BasisRegistratiePercelenkaart 2020. Een aantal gewassen is uitgesloten, omdat op deze gewassen weinig of geen mest wordt toegepast. Dit betreft bijvoorbeeld randen met een natuurfunctie langs landbouwpercelen, wilgenhakhout en hoogstambomen zoals notenbomen.
- De kaart met oppervlaktewaterlichamen voor het derde StroomGebiedsBeheers Plan van de KaderrichtlijnWater (SGBP3; versie 20220518).
- Het bestand met kwaliteitsoordelen over oppervlaktewaterlichamen (versie 20220429).
- De bestanden met de landbouwopgave voor de vermindering van de N- en P-belasting van oppervlaktewater om te voldoen aan KRW-doelstellingen, zoals deze is samengesteld door Groenendijk et al. (2016).

De kwaliteitsbeoordeling van de concentraties van Ntotaal en Ptotaal vindt plaats aan de hand van vier klassen: goed, matig, ontoereikend en slecht. Per waterlichaam is een gecombineerde beoordeling voor N-totaal en P-totaal vastgesteld, waarbij de slechtste beoordeling van beide leidend is. Langs waterlichamen met een beoordeling 'goed' is geen buffergebied van toepassing.

Van de waterlichamen zijn de wateren van het R-type en een aantal van het M3a-type geselecteerd. Het betreft dan de beken met stromend water en een aantal vaarten. De grote wateren zoals rivieren, meren en plassen zijn uitgesloten, evenals de overige rijkswateren.

Van de KRW-wateren die niet beoordeeld worden als 'goed' zijn de waterlichamen op de hoge zandgronden geselecteerd. Vervolgens zijn deze waterlichamen vergeleken met de kaarten waarop de opgave voor de landbouw is aangegeven om de N- en P-belasting van oppervlaktewater te verminderen. Voor veel regionale wateren in het noordelijke zandgebied is er geen opgave voor de landbouw of is de opgave gering. Daarom zijn de waterlichamen in de noordelijke provincies uitgesloten.

Langs de geselecteerde wateren is met een GIS-bewerking een zone met een breedte van 250 m geprojecteerd. Vervolgens is een overlay gemaakt van deze zone met de percelenkaart van BRP2020. Alleen de percelen die zich voor meer dan de helft van hun oppervlak binnen de zone bevinden, zijn geselecteerd.

Vervolgens is bepaald of de betreffende percelen al behoren tot het gebied van Natura2000-gebieden of tot de zone van 1 km rondom Natura 2000-gebieden. Dan wordt verondersteld dat de percelen onder een ander aandachtsgebied met de daarvoor geselecteerde maatregelen komen te vallen.

B3.4 Vernatten veengronden

Twee provincies hebben een regionale veenweidestrategie gepubliceerd, namelijk Friesland en Utrecht. De effecten van deze strategie worden ook al in de KEV2022 beschreven (maar niet in de in dit rapport gehanteerde KEV2021 meegenomen) en zijn gekwantificeerd op basis van het SOMERS-model (een reductie van 244 kton CO₂ voor Friesland en 64 kton voor Utrecht; (Arets et al., 2022)). De maatregelen die beide provincies voorstellen, verschillen echter nog al. Friesland zet vooral in op peilverhoging tot een drooglegging van 40 cm onder maaiveld, terwijl Utrecht vooral wil inzetten op waterinfiltratie (onderwaterdrainage). Daarnaast willen beide provincies een klein deel van het areaal omzetten naar natte natuur of natte landbouw (paludicultuur). Voor Friesland gaat het om 3.500 ha naar natte natuur, voor Utrecht om 10% van het areaal (ongeveer 2.500 ha) naar natte natuur, paludicultuur en boeren op hoog water.

Voor de doorrekening van de scenario's in deze studie worden alleen de maatregelen peilverhoging en waterinfiltratie meegenomen. Gebaseerd op de regionale veenweidestrategieën van Friesland en Utrecht is in deze studie ook voor de andere provincies een inschatting gemaakt van de CO₂-reductie. Aangezien voor Groningen, Overijssel, Zuid-Holland en Noord-Holland nog geen veenweidestrategie beschikbaar is, is ervan uitgegaan dat Groningen en Overijssel – net als Friesland – vooral inzetten op peilverhoging, en voor Zuid-Holland en Noord-Holland, die qua veengebied meer vergelijkbaar zijn met Utrecht, wordt ingezet op waterinfiltratie. De vernatting van veengronden wordt in scenario S1 en S2 op dezelfde manier toegepast.

Tabel B3.1 Areaal en CO₂-emissies berekend met SOMERS per provincie.

Provincie	Areaal veengrond in SOMERS ha	Huidige emissie uit SOMERS ton CO ₂ /ha	Maatregel	Emissie met maatregel ton CO ₂ /ha
Friesland + Groningen	29.356	20,0	Peilverhoging naar -40 cm	9,5
Overijssel	16.503	12,7	Peilverhoging naar -40 cm	10,5
Utrecht	12.661	11,3	Drukdrainage voor gebieden met peil -40 tot -60 cm	6,1
Zuid-Holland + Noord-Holland	44.436	11,0	Drukdrainage voor gebieden met peil -40 tot -60 cm	6,1

De totale emissiereductie per provincie is gebaseerd op bovenstaande tabel met uitkomsten van de eerste SOMERS 1.0-rekenregels en de aanname dat Friesland, Groningen en Overijssel vooral inzetten op peilverhoging naar -40 cm en dat Utrecht, Zuid-Holland en Noord-Holland vooral inzetten op actieve waterinfiltratie bij een peil van -40 cm voor de gebieden met een huidige drooglegging van -40 tot -60 cm. Er is gerekend met de arealen zoals deze in de SOMERS-rekenregel tabellen zijn aangeleverd. Dit is minder dan het totale areaal, aangezien het alleen het areaal van de BRP-percelen omvat en dus geen niet-landbouwpercelen, slootjes, bermen etc. De totale emissiereductie per provincie voor de combinatie van de twee maatregelen staat in Tabel B4.3 weergegeven.

Tabel B3.2 Emissiereductie in kton CO₂/jaar ten gevolge van peilverhoging en/of actieve waterinfiltratie in de veenweiden per provincie (berekend met SOMERS).

Provincie	Areaal (ha)	Emissiereductie (kton CO ₂ /jaar)
Friesland	26.300	276
Groningen	3.056	32
Overijssel	16.503	36
Utrecht	12.661	66
Noord-Holland	14.025	69
Zuid-Holland	30.411	149
Totaal	102.956	628

Effecten van peilverhoging op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater zijn niet meegenomen in ANIMO en dus niet gekwantificeerd. Deze effecten zijn afhankelijk van de specifieke uitvoering van de maatregel. Daarbij moet specifieke informatie beschikbaar zijn ten aanzien van welke peilen golden in welke gebieden voor het nemen van de maatregel en welke peilen als gevolg van de maatregel worden ingesteld. Daarnaast is informatie nodig over de wijze waarop onderwaterdrains en drukdrains worden toegepast. Dit vergt een uitgebreidere hydrologische analyse dan in het bestek van de onderhavige studie mogelijk was. Het vernatten van veengronden kan ook een effect hebben op de emissies van de broeikasgassen methaan en lachgas. Bij vernatten kunnen omstandigheden ontstaan dat er methaan wordt gevormd. Vernatten leidt mogelijk tot minder lachgasemissie door veenafbraak en tot meer lachgasemissie uit stikstof die via bemesting en beweiding in de bodem terecht komt. In het SOMERS-model is nog geen rekening gehouden met effecten op methaan en lachgas; mogelijke afwentelingen van vernatting naar methaan en lachgas zijn dus niet meegenomen in de onderhavige studie. In het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV) loopt onderzoek naar broeikasgasemissies uit veengronden.

B3.5 Eiwitarm rantsoen

In zowel scenario S1 als S2 wordt voor melkvee de maatregel eiwitarm rantsoen en voor varkens een toevoeging van benzoëzuur aan het rantsoen toegepast.

Impact op emissies

Het optimaliseren van het rantsoen voor melk- en jongvee zorgt voor minder ammoniakemissie. Een goede penswerking is belangrijk voor de productie. De omzetting van stikstof naar microbiële eiwit – dat de basis is voor groei, melkproductie en -gehalten – vraagt om energie. Als er niet genoeg energie is voor de omzetting, gaat stikstof verloren in de vorm van ureum in urine. Goed voeren is eigenlijk het bij elkaar brengen van eiwit en energie in de juiste hoeveelheid, op het juiste moment en in de juiste verhouding.

Het effect van effect van eiwitarm rantsoen op methaan is minder eenduidig. Zo gaat een lager ruw eiwit (RE) globaal (veel uitzonderingen) gepaard met meer enterisch methaan. Fermentatie van eiwit in de pens geeft relatief weinig methaan t.o.v. koolhydraten. Jong bladrijk gras geeft minder methaan dan oud stengelig gras, maar dat jonge gras heeft meer RE en dat RE breekt snel af in de pens (overmaat afbreekbaar eiwit in de pens leidt tot ammoniak en daarna ureum uitscheiding urine). Uitzondering is snijmais: laag in RE, verbetert N efficiëntie en verlaagt methaan (Gies et al., 2021; pers. med. Jan Dijkstra, WUR). De effecten op de methaanemissie door het eiwitarm voeren is vanwege deze minder eenduidige relatie niet modelmatig doorgerekend.

Modelmatige implementatie

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd, conform de studie voor de provincie Gelderland (Gies et al., 2021):

- Voor melkvee wordt uitgegaan van een daling van het ruweiwitgehalte (RE) tot 160 g RE/kg droge stof. Hiervoor is gemiddeld een daling van 14% nodig van het eiwitgehalte in melkveerantsoen. Dit leidt tot een verlaging van ca. 6% van de N-excretie en 2% van het TAN-aandeel in de excretie van melkvee en 2% reductie van de N-excretie van jongvee en 0,5% van het TAN-aandeel in de excretie van jongvee (pers.

med., C. van Bruggen, CBS). De gehanteerde 160 g RE/kg droge stof is naar verwachting nog aan de hoge kant. In 2030 moet mogelijk 150-155 g RE/kg haalbaar zijn. In de momenteel in uitvoering zijnde vierjarige praktijkpilot Koe en Eiwit (www.koewit.nl) is het doel om een verlaging van het ruweiwitgehalte tot 155 g RE/kg droge stof te bereiken.

- Voor de varkenshouderij is uitgegaan van de reducties voor het basisscenario uit de landbouwscelestudie van Lesschen et al. (2020), waarbij o.a. benzoëzuur wordt toegevoegd aan het rantsoen, hetgeen leidt tot 14% reductie van stikstof en 2% reductie van fosfor in mest en urine.

B3.6 Additieven voer (methaan)

In zowel scenario S1 als S2 is voor melkvee de maatregel toevoeging van methaanreducerende additieven aan het rantsoen toegepast.

Impact op emissies

Methaan komt vrij tijdens de afbraak van organische stoffen, bijvoorbeeld in het maagdarmsstelsel van dieren, tijdens het eten van voedsel en komt vooral voor bij herkauwers. Deze zogenaamde pensfermentatie draagt voor zo'n 75% van alle methaan uit de totale veehouderij. Toevoeging van additieven aan het rantsoen kan de methaanemissie door pensfermentatie reduceren.

Modelmatige implementatie

Voor pensfermentatie wordt een reductie van 15% toegepast. Deze reductie is gebaseerd op de studie van Vellinga (in druk). Daarin wordt voor het jaar 2030 met 20% verlaging van de methaanemissie door pensfermentatie voor alle melk- en kalfkoeien (a1) gerekend door het gebruik van additieven (Bovear®). Omdat het middel nog niet grootschalig in de praktijk is getest, wordt uitgegaan van een effectiviteit van 75% van de potentiële effectiviteit, hetgeen de in deze studie gehanteerde reductie geeft van 15% van de methaanemissie bij pensfermentatie.

B3.7 Meer weidegang

Extra weidegang melkvee is een bronmaatregel in de Aanpak Stikstof³⁰ en leidt tot minder emissie van ammoniak. De inzet is gericht op uitbreiding van het gemiddelde aantal uren weidegang per jaar, wat wij geïnterpreteerd hebben in de zin van dat koeien gemiddeld 1900 uur per jaar beweiden in 2030 voor bedrijven die in 2020 weidegang toepasten.³¹ In scenario S1 is verondersteld dat alle bedrijven die in 2020 beweiden, in 2030 1900 uur per jaar weidegang toepassen. In scenario S2 wordt een hogere beweidingsgraad toegepast in de aandachtsgebieden Natuur (N), Overgangsgebieden (O) en Veenweidegebieden (V). Voor bedrijven in deze gebieden die beweiden, is de weidegang verhoogd naar gemiddeld 3000 uur per jaar. Voor de overige gebieden wordt de weidegang zodanig gecorrigeerd dat gemiddeld voor Nederland de weidegang 1900 uur per jaar bedraagt. In beide scenario's geldt dat als bedrijven in 2020 al voldoen aan resp. 1900 of 3000 uur weidegang per jaar, de weidegang van 2020 wordt toegepast.

Impact op emissies

Meer beweiding leidt tot minder ammoniak- en methaan-, maar tot meer nitraatuitspoeling en lachgasemissies.

³⁰ [Memorie van toelichting Wsn](#): De inzet is gericht op uitbreiding van het gemiddelde aantal uren weidegang per jaar. Op dit moment is het gemiddelde aantal uren weidegang voor een weidende melkkoe 1648 uur per jaar (2018). De ambitie van het kabinet is een uitbreiding van dit aantal uren weidegang met 125 uren in 2021 en 250 uren vanaf 2022. Bedenk dat de 1648 uur per jaar in 2018 betrekking heeft op het ongewogen gemiddelde aantal uur weidegang van melkkoeien op bedrijven die weidegang toepassen. Het melkkoe-gewogen gemiddelde voor bedrijven met weidegang bedroeg in 2018 1455 uur per jaar en voor melkkoeien op alle bedrijven (dun incl. bedrijven zonder weidegang) bedroeg dit 1031 uur (pers. med. C. van Bruggen, CBS).

³¹ Omdat we de 1900 uur (gebaseerd op 1648 +250 uur per jaar ongewogen) toepassen als een gewogen gemiddelde, overschatten we waarschijnlijk de in de Wsn bedoelde uitbreiding van het gemiddelde aantal uren weidegang per jaar.

Modelmatige implementatie

Scenario S1:

Voor alle melkveebedrijven die beweiden, wordt het aantal uren met x% verhoogd, zodat het gemiddelde aantal uren weidegang 1900 (~1648+250) per jaar bedraagt voor de weidende bedrijven. Dit is berekend door de huidige fractie beweiding per bedrijf (fweide(2020)) te delen door het gemiddelde aantal weiduren in 2020 (Nw(2020)) en weer te vermenigvuldigen met het gewenste gemiddelde aantal weide-uren in 2030 (Nw(2030); in dit geval 1900): $fweide(2030) = fweide(2020) \times Nw(2030) / Nw(2020)$.

Scenario S2:

Voor alle melkveebedrijven die beweiden, wordt in de zones N, O en V de beweidingduur verhoogd naar 3000 uur en die in de overige gebieden verlaagd met x%, zodat het gemiddelde aantal uren weidegang 1900 per jaar bedraagt.

B3.8 Efficiëntere mesttoediening

Mestaanwending is na stallen de belangrijkste bron van ammoniakemissie. Emissiearme bemesting heeft al tot een forse reductie geleid in ammoniakemissie. Er wordt verwacht dat met name op grasland door een zorgvuldige mestaanwending en het toepassen van innovatieve reducerende technieken een verdere reductie in emissie mogelijk is. In het programma Bemest op zijn Best (<https://www.verantwoordeveehouderij.nl/nl/bemestopznbest.htm>) worden innovatieve technieken op emissie bij aanwending van mest te reduceren komende jaren ontwikkeld en getest. Welke nieuwe innovaties die oplevert, is nog niet geheel duidelijk. In de onderhavige studie wordt in zowel scenario S1 als S2 de emissiefactor voor toediening van drijfmest (zodenbemester op zand of klei of verdunde mest met sleepvoet op veen en klei) verlaagd van 17 naar 12% van de toegediende TAN.

Impact op emissies

Een emissiearmere mesttoediening leidt tot een lagere ammoniakemissie, maar kan tot een hogere lachgasemissie leiden.

Modelmatige implementatie

Voor scenario S1 en S2 wordt de emissiefactor voor toediening van drijfmest (zodenbemester op zand of klei of verdunde mest met sleepvoet op veen en klei) verlaagd van 17 naar 12% van de toegediende TAN.

B3.9 Lagere bemesting

Deze maatregel is gericht op het verminderen van de bemesting van de landbouwgronden, bestaat uit twee delen en wordt in zowel scenario S1 als S2 toegepast:

- Geen derogatie, dus overall maximaal 170 kg N/ha aan dierlijke mest. De niet-plaatsbare mest wordt buiten de Nederlandse landbouw afgezet en er wordt aangenomen dat P-kunstmestgebruik op voormalige derogatiebedrijven weer wordt toegestaan (bedrijven die een derogatie hebben, mogen geen P-kunstmest gebruiken). Er wordt geen rekening gehouden met verandering in grondgebruik, zoals omzetten van grasland naar bouwland. De stikstofgift met kunstmest wordt wel aangepast aan de lagere dierlijke mestgift, conform de stikstofgebruiksnormen.
- De stikstofgebruiksnorm (werkzame stikstof in dierlijke mest en stikstofkunstmest) bij uitspoelingsgevoelige gewassen op zand wordt gekort met 15% in Zand N, O, C en 12,5% in Zand-Zuid om nitraatuitspoeling te beperken.

De uitspoelingsgevoelige gewassen in deze studie zijn dezelfde gewassen als die waarvan in het mestbeleid de stikstofgebruiksnorm (2019-2021) in het zuidelijke zandgebied 20% lager is dan in de overige zandgebieden. Hierbij hebben we, conform Variant C uit Van Boekel et al. (2021), de gebruiksnorm voor de uitspoelingsgevoelige gewassen in de overige zandgebieden met 15% verlaagd. De gebruiksnormen voor het

zuidelijke zandgebied worden met 12,5% verlaagd.³² Beide ten opzichte van de gebruiksnormen 2019-2021. De P-gebruiksnorm is niet gewijzigd.

Impact op emissies

Een lagere dierlijke mestgift leidt tot een lagere ammoniakemissie door mestaanwending. De ammoniakemissie uit kunstmest neemt toe, omdat het (werkzame deel) van de lagere dierlijke mestgift wordt gecompenseerd door kunstmest. De ammoniakemissie uit kunstmest is lager dan die van dierlijke mest. Een lagere stikstofgebruiksnormen zal leiden tot een lagere N-uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater en tot een lagere lachgasemissie.

Koolstofvastlegging

Een lagere dierlijke mestgift leidt ook tot minder aanvoer van organische stof naar de bodem en daardoor tot een lagere koolstofvastlegging. De afname in koolstofaanvoer op grasland leidt tot een verlaging van de bodem-C-balans met 0,09 ton C/ha. In de modellering vindt wel een kleine verschuiving plaats van meer rundermest en daardoor meer koolstof naar akkerbouw, maar deze toename is veel minder groot dan de afname op grasland. Mogelijk dat we door verschuivingen in de mestmarkt (vervanging varkensmest door rundermest) en grootschalige mestverwerking tot organischestofrijke en nutriëntenarme producten nog wel een groter deel van de koolstof binnen Nederland houden. Hier is geen rekening mee gehouden in de berekeningen.

Modelmatige implementatie

INITIATOR

- Voor alle uitspoelingsgevoelige gewassen in het noordelijke, centrale en westelijke zandgebied zijn de N-gebruiksnormen (2019-2021) vermenigvuldigd met de factor 0,85 en voor het zuidelijke zandgebied met 0,875.
- Geen derogatie voor dierlijke mest. Er wordt maximaal 170 kg N per ha dierlijke mest gebruikt.
- P-kunstmest op voormalige derogatiebedrijven wordt weer toegepast.

RothC

- De dierlijke mestgift is gemaximeerd op 170 kg N/ha voor zowel akkerland als grasland.
- Dit leidt tot aanpassing van de dierlijke mest over de verschillende gewassen. De aangepaste mestgift is met RothC doorgerekend.

B3.10 Leeftijd grasland verhogen

Het verhogen van het aandeel blijvend grasland kan op twee manieren gerealiseerd worden:

- omzetten van mais in blijvend grasland;
- het omzetten van tijdelijk naar blijvend grasland.

Aangezien in de scenario's wordt uitgegaan van de beëindiging van de derogatie, geldt er geen verplichting van minimaal 80% grasland meer (dat is nu onderdeel van de derogatiebeschikking). Het is dus de vraag hoe het areaal snijmais zich zal gaan ontwikkelen na het verdwijnen van de derogatie. In de berekeningen is daarom alleen het omzetten van tijdelijk grasland naar blijvend grasland beschouwd. Verondersteld is dat in scenario S1 en S2 50% van het huidige areaal tijdelijk grasland wordt omgezet in blijvend grasland en dat het huidige areaal blijvend grasland gehandhaafd blijft.

Impact op emissies

Blijvend grasland draagt bij aan een goede bodemkwaliteit en meer dan tijdelijk grasland of grasland in een rotatie. Doordat de aanvoer van organische stof uit de gewasresten van gras (zowel boven- als ondergronds) hoog is en de afbraak relatief laag, bouwt het organischestofgehalte van de bodem zich op. Het scheuren van grasland, bijvoorbeeld voor graslandvernieuwing of de (tijdelijke) teelt van mais, heeft nadelige gevolgen, doordat de organische stof wordt afgebroken en de aanvoer van organische stof uit gewasresten afneemt.

³² Omdat er met ingang van het 5^e AP al een korting gold van 20%, is in Zand-Zuid uitgegaan van 12,5% t.o.v. de normen in het 6^e AP. Dit betekent dat in de scenario's is gerekend met een korting van 30% ten opzichte van de normen in het 4^e AP.

Omzetting van tijdelijk naar blijvend grasland heeft geen of zeer beperkt effect op de mesttoediening en -verdeling. Tijdelijk grasland wordt eenmaal in de vijf jaar gescheurd. In vier van de vijf jaren waarin niet wordt gescheurd, is de gebruiksnorm gelijk aan die van blijvend grasland. Daarnaast zal in het jaar van scheuren van het tijdelijk grasland een zodanig tijdstip gekozen worden dat de gebruiksnorm voor het vernieuwde grasland ongeveer gelijk is aan de gebruiksnorm voor blijvend grasland.

Verwacht wordt dat het effect van het scheuren op nitraatuitspoeling klein is, als het stikstofoverschot op de bodembalans niet sterk wijzigt. Bij de hergroei van gras wordt relatief veel stikstof opgenomen. De Commissie Deskundigen Meststoffenwet geeft in haar advies 'Beperking nitraatuitspoeling bij scheuren en herinzaai van grasland' (CDM, 2017) aan dat bij scheuren en herinzaai in het voorjaar het effect op nitraatuitspoeling gering is.

Modelmatige implementatie

Voor de maatregel leeftijd grasland verhogen is uitgegaan van de methodiek zoals beschreven in Lesschen et al. (2021). Voor de onderhavige studie is echter alleen de omzetting van tijdelijk naar blijvend grasland meegenomen en niet de omzetting van snijmais naar blijvend grasland. Met RothC is een berekening uitgevoerd om het effect op de CO₂-vastlegging te kwantificeren.

Het effect op de uitspoeling van nitraat en de belasting van het oppervlakterwater met stikstof en fosfor is met het huidige ANIMO/LWKM-model niet direct te kwantificeren. De beschrijving van deze maatregel in het bodemmodel vraagt een uitbreiding die nog niet voorhanden is in LWKM versie 1.2. Er wordt van uitgegaan dat scheuren en herinzaai in het voorjaar plaatsvindt en dat het risico op nitraatuitspoeling beperkt is.

B3.11 Groter areaal rustgewassen

In de akkerbouw wordt gewasrotatie toegepast om de kans op plagen, ziektes en onkruid te verminderen. Intensieve gewassen worden afgewisseld met rustgewassen, zoals granen en grassen.

Als het aandeel rustgewassen (bv. graangewassen of grassen) verhoogd wordt in de gewasrotatie nemen de organischestofaanvoer en dus het organischestofgehalte in de bovengrond en de koolstofvastlegging toe (Van Dijk et al., 2012; Koopmans et al., 2020).

Vanuit het oogpunt van meer aanvoer van koolstof en ook vanuit waterkwaliteit (zie 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn), is het verhogen van het aandeel rustgewassen een effectieve maatregel. Hiervoor zal het aandeel graan in het bouwplan worden verhoogd. In Lesschen et al. (2021) is ervan uitgegaan dat het areaal rustgewassen in het bouwplan minimaal hetzelfde moet zijn als het areaal intensieve gewassen (aardappels, suikerbieten, bollen en uien). Waar dit niet wordt gehaald, wordt een deel van de intensieve gewassen vervangen door wintertarwe. Aangezien dit een dure maatregel is, is het niet waarschijnlijk dat deze vrijwillig op grote schaal zal worden toegepast. Deze maatregel is dan ook aangepast en in lijn gebracht met de verplichting uit het 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn om minimaal 33% rustgewassen te hebben.

In zowel scenario S1 als S2 wordt ervan uitgegaan dat minimaal 33% van het bouwplan van het bedrijf uit rustgewassen bestaat. Tabel B3.3 geeft, uitgaande van de informatie in BRP2020 en GIAB, de berekende arealen aan die nodig zijn om aan het criterium van minimaal 33% op bedrijfsniveau te kunnen voldoen.

Tabel B3.3 Areaal landbouwgewassen (incl. grasland), rustgewassen in 2020 en om te zetten areaal naar rustgewassen om aan het criterium 33% rustgewassen in het bouwplan per bedrijf te voldoen.

Provincie	Oppervlak landbouwgewassen in 2020 (x 1000 ha)	Oppervlak rustgewassen in 2020 (x 1000 ha)	Oppervlak om te zetten naar rustgewassen (x 1000 ha)	Percentage van het totaal oppervlak om te zetten
Groningen	159,5	106,7	3,5	2%
Friesland	223,7	193,0	1,4	1%
Drenthe	147,5	84,7	7,0	5%
Overijssel	195,3	147,8	3,4	2%
Flevoland	88,2	33,0	5,5	6%
Gelderland	224,9	167,8	3,4	2%
Utrecht	70,2	61,5	0,3	0%
Noord-Holland	125,8	86,5	3,2	3%
Zuid-Holland	111,4	82,1	1,5	1%
Zeeland	118,0	63,9	1,8	2%
Noord-Brabant	234,2	120,0	11,4	5%
Limburg	95,1	47,5	5,0	5%
Nederland	1793,8	1194,6	47,5	3%

Impact op emissies

Een groter aandeel rustgewassen zal leiden tot minder nitraatuitspoeling en meer koolstofvastlegging in de bodem.

Modelmatige implementatie

RothC

Voor de maatregel groter areaal rustgewassen is uitgegaan van de methodiek zoals beschreven in Lesschen et al. (2021). In RothC zijn de arealen uit Tabel B3.4 van intensieve gewassen die naar rustgewassen moeten worden omgezet, verdeeld over de 4 cijfer-postcodegebieden. Intensieve gewassen (aardappels, uien, suikerbieten en bollen) zijn naar rato omgezet naar wintertarwe.

Met RothC is het effect op de CO₂-vastlegging berekend. Deze nieuwe doorrekening leidt tot een extra vastlegging van 78 kton CO₂ per jaar. Dit is lager dan de oorspronkelijke berekening in Lesschen et al. (2021), waarbij uitgegaan was van een berekening met 50% rustgewassen.

INITIATOR

Het areaal extra rustgewassen is beperkt (ha) en heeft daarmee een beperkt effect op bemesting en emissies en is daarom niet specifiek meer met INITIATOR doorgerekend. Hierbij wordt opgemerkt dat meer rustgewassen niet betekent dat er minder stikstof wordt toegediend. Wintertarwe is bijvoorbeeld een rustgewas met een relatief hogere stikstofgebruiksnorm.

LWKM/ANIMO

Omdat bij het berekenen van mestgiften geen rekening is gehouden met de omzetting van arealen niet-rustgewassen naar rustgewassen, is deze maatregel niet in de berekeningen met het uitspoelingsmodel meegenomen.

B3.12 Vanggewassen en groenbemesters toepassen

Voor de zand- en lössgronden is conform het 7^e Actieprogramma in scenario S1 en S2 rekening gehouden met vanggewassen na hoofdgewassen die vóór 1 oktober geoogst kunnen worden. Voor snijmais op zand- en lössgrond gold al sinds 2006 een verplichting tot het telen van een vanggewas. Het gebruiksvoorschrift ten aanzien van de uiterste zaaidatum is vanaf het 6^e Actieprogramma aangescherpt. Voor de klei- en veengronden is in de uitspoelingsberekeningen met ANIMO geen extra vanggewas verondersteld.

Impact op emissies

Het toepassen van vanggewassen zal leiden tot minder nitraatuitspoeling en meer koolstofvastlegging in de bodem.

Modelmatige implementatie

RothC

Voor de maatregel groenbemester/vanggewas is uitgegaan van de methodiek zoals beschreven in Lesschen et al. (2021). Hierbij is gekeken na welke gewassen potentieel een groenbemester/vanggewas kan worden toegepast en of dit een vroege of late zaaitijd zal zijn. Ook is per gewas rekening gehouden met de slagingskans van de groenbemester/het vanggewas. Bij suikerbieten bijvoorbeeld wordt een deel zo laat in het seizoen geoogst dat een succesvol(le) groenbemester/vanggewas niet meer mogelijk is. Aangezien er geen informatie bekend is over welk(e) groenbemester/vanggewas na welke teelt wordt gebruikt, is uitgegaan van een gewogen gemiddelde van de huidige groenbemers/vanggewassen. Dit resulteert in een gemiddelde C-aanvoer van 2900 kg C/ha voor een vroeg(e) groenbemester/vanggewas en 1100 kg C/ha voor een la(a)t(e) groenbemester/vanggewas. Op basis van de BRP-gewasarealen en de arealen groenbemester/vanggewas uit 2021 is een nieuwe berekening met RothC uitgevoerd die leidt tot een potentiële CO₂-vastlegging van 172 kton per jaar.

INITIATOR

In de BasisRegistratie Percelen komen volggewassen voor die na hoofdgewassen worden geteeld. Als een volggewas geteeld wordt na een graangewas en het volggewas komt voor in de lijst met wintergewassen, is verondersteld dat dit volggewas een gebruiksnorm van een groenbemester heeft. In dit geval is de gebruiksruijme toegekend aan het voorafgaande hoofdgewas. In alle andere gevallen is het volggewas beschouwd als een vanggewas zonder gebruiksnorm.

B3.13 Emissiearme stallen (ammoniak)

Een emissiearme stal is een stal die de uitstoot van schadelijke stoffen – waaronder ammoniak – zo veel mogelijk beperkt. In de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) worden voor erkende stalsystemen emissiefactoren benoemd voor de berekening van de ammoniakemissie van een dierenverblijf, inclusief de emissie van de mest die in het dierenverblijf aanwezig is. Het Besluit emissiearme huisvesting (Beh) geeft maximale emissiewaarden voor ammoniak. Dit is een landelijk besluit. In provincie Noord-Brabant zijn in de Brabantse Omgevingsverordening scherpere maximale emissiewaarden vastgesteld. Deze emissiewaarden zijn in scenario S1 en S2 beide generiek voor de rest van Nederland toegepast. De wijze waarop deze maximale emissiewaarden door de bedrijven behaald wordt, is niet uitgewerkt en kan op verschillende manieren, zoals luchtwassers, kelderafzuiging, spoelen van roostervloeren etc. bereikt worden.

Impact op emissies

De ammoniakemissie van de stalemissies (inclusief mestopslag in de stal) zal afnemen (emissie uit opslag buiten zal toenemen, maar deze emissie is laag). De afname varieert per diergroep. Het grootste effect is te verwachten voor de melkveestallen. De emissie bij mestaanwending neemt toe, omdat het TAN-gehalte van de mest hoger wordt in emissiearme stallen.

Modelmatige implementatie

INITIATOR

In de huidige INITIATOR-versie wordt ervan uitgegaan dat bij reductie in stalemissie de niet-geëmitteerde ammoniak in de mest blijft zitten, ongeacht het stalsysteem. Dit betekent dat het TAN-gehalte van de mest in de opslag en bij mestaanwending hoger wordt. Bij toepassing van luchtwassers is dit niet juist, omdat dan de afgevangen mest in het spuiwater van de luchtwasser terecht komt en in niet in de mestopslag en als kunstmest mag worden afgezet. Dit betekent dat in voorkomende gevallen de hoeveelheid TAN in de dierlijke mest iets te hoog wordt ingeschat en de hoeveelheid kunstmest iets te laag. Het netto-effect op de totale hoeveelheid toegediende effectieve stikstof is echter verwaarloosbaar klein.

In zowel scenario S1 als S2 is deze maatregel toegepast voor de rest van Nederland zoals beschreven in B2.2.6 voor Noord-Brabant.

B3.14 Snelle afvoer van mest naar opslag

Onderzoek van Vellinga et al. (in druk) geeft aan dat door stalaanpassingen de emissie van methaan uit de mestopslag met 15% kan worden verminderd.

Impact op emissies

Een snelle afvoer en verwerking van mest in de scenario's draagt bij aan de vermindering van de methaanemissie.

Modelmatige implementatie

De methaanemissie ten gevolge van mestopslag wordt verlaagd met 15%.

B3.15 Kwalitatief overzicht van impact maatregelen op emissies en concentraties

Tabel B3.4 geeft weer hoe de verschillende maatregelen invloed hebben op de emissies binnen de modelberekeningen die zijn uitgevoerd. Deze tabel wijkt bij enkele maatregelen af van de studie Velthof et al. (2021). Zij geven aan dat het vernatten van veengronden zou kunnen leiden tot een toename in methaanemissie en een verhoogd risico op uitspoeling van stikstof en fosfor; het omploegen van vanggewassen kan leiden tot een toename in ammoniak- en lachgasemissie. Deze processen zijn echter niet geïmplementeerd in de toegepaste modellen en worden daarom niet kwantitatief doorgerekend.

Tabel B3.4 Kwalitatief overzicht van de maatregelen op de emissies en concentraties van de doelstellingen. Het betreft modelmatige effecten die in deze studie integraal zijn opgenomen.

	Nitraat	N-/P-uitspoeling	NH ₃ -emissie	CH ₄ -emissie	N ₂ O-emissie	CO ₂ veen	CO ₂ mineraal ¹⁾
Structuurmaatregelen							
Minder Vee	0	0	▼	▼	▼	0	0
Bufferstroken	▼	▼	▼	0	▼	0	▼
Brede bufferstroken in beekdalen (S2)	▼	▼	▼	0	▼	0	0
Vernatten veengronden ²⁾	0	0	0	0	0	▼	0
Managementmaatregelen							
Rantsoen	0	0	▼	0	0	0	0
Additieven voer	0	0	▼	▼	0	0	0
Meer weidegang	▲	▲	▼	0	▲	0	0
Efficiënter mest toedienen	0	0	▼	0	0	0	0
Lagere bemesting	▼	▼	▼	0	▼	0	▲
Leeftijd grasland verhogen	0	0	0	0	0	0	▼
Verruiming bouwplan/verhogen aandeel rustgewassen	0	0	0	0	0	0	▼
Toepassen groenbemesters en vanggewassen	▼	▼	0	0	0	0	▼
Technische maatregelen							
Ammoniakemissiearme stallen	0	0	▼	0	0	0	0
Snelle afvoer van mest naar opslag	0	0	0	▼	0	0	0

▲ toename emissie/uitspoeling 0 geen/nauwelijks verwacht effect ▼ afname emissie/uitspoeling

¹⁾ Toename in C-vastlegging is afname CO₂-emissie.

²⁾ Vernatten van veengronden kan effecten hebben op de P-uitspoeling. Deze effecten zijn in deze studie niet meegenomen.

Bijlage 4 Consequenties scenario's per provincie

In Tabel B4.1 zijn de arealen per aandachtsgebied per provincie gepresenteerd en in Tabel B4.2 is het aantal dieren (uitgesplitst naar rundvee, varkens, kippen en overige dieren) per provincie gepresenteerd.

Tabel B4.1 Arealen per aandachtsgebied per provincie.

Provincie	Aandachtsgebied	Landbouwareaal (ha)				Verandering t.o.v. RR	
		BJ	RR	S1	S2	S1	S2
Drenthe	N	13.061	12.539	12.239	4.288	-2%	-65%
	O	19.535	18.754	18.376	9.613	-2%	-48%
	V	-	-	-	-		
	B	1.152	1.106	1.081	1.081	-2%	0%
	Overig	118.732	113.982	111.584	111.584	-2%	0%
	Totaal	152.480	146.381	143.280	126.566	-2%	-12%
Flevoland	N	1.999	1.919	1.871	1.056	-3%	-44%
	O	51	49	47	19	-4%	-60%
	V	-	-	-	-		
	B	-	-	-	-		
	Overig	86.403	82.947	81.232	81.232	-2%	0%
	Totaal	88.453	84.915	83.150	82.307	-2%	-1%
Friesland	N	13.940	13.383	12.882	7.200	-4%	-44%
	O	16.137	15.491	14.940	11.417	-4%	-24%
	V	34.926	33.529	32.251	32.251	-4%	0%
	B	55	53	51	51	-4%	0%
	Overig	158.522	152.182	146.666	146.666	-4%	0%
	Totaal	223.580	214.637	206.791	197.585	-4%	-4%
Gelderland	N	11.243	10.793	10.570	4.678	-2%	-56%
	O	37.875	36.360	35.604	23.834	-2%	-33%
	V	-	-	-	-		
	B	2.430	2.333	2.295	2.295	-2%	0%
	Overig	175.437	168.420	164.912	164.912	-2%	0%
	Totaal	226.985	217.905	213.380	195.719	-2%	-8%
Groningen	N	10.732	10.303	9.976	4.822	-3%	-52%
	O	4.704	4.515	4.375	993	-3%	-77%
	V	7.216	6.928	6.690	6.690	-3%	0%
	B	39	37	36	36	-3%	0%
	Overig	140.885	135.249	130.990	130.990	-3%	0%
	Totaal	163.576	157.033	152.067	143.530	-3%	-6%
Limburg	N	5.840	5.607	5.534	2.982	-1%	-46%
	O	25.246	24.236	24.040	9.635	-1%	-60%
	V	-	-	-	-		
	B	8.006	7.686	7.578	7.578	-1%	0%
	Overig	58.115	55.791	55.201	55.201	-1%	0%
	Totaal	97.208	93.319	92.352	75.396	-1%	-18%
Noord-Brabant	N	16.273	15.622	15.288	7.705	-2%	-50%
	O	21.919	21.042	20.618	10.081	-2%	-51%
	V	-	-	-	-		
	B	14.514	13.934	13.691	13.691	-2%	0%
	Overig	179.609	172.425	168.751	168.751	-2%	0%
	Totaal	232.315	223.023	218.348	200.228	-2%	-8%

Provincie	Aandachtsgebied	Landbouwareaal (ha)				Verandering t.o.v. RR	
		BJ	RR	S1	S2	S1	S2
Noord-Holland	N	8.838	8.485	8.166	3.322	-4%	-59%
	O	15.193	14.585	14.043	9.710	-4%	-31%
	V	11.667	11.201	10.760	10.760	-4%	0%
	B	-	-	-	-		
	Overig	89.469	85.891	82.842	82.842	-4%	0%
	Totaal	125.168	120.161	115.812	106.635	-4%	-8%
Overijssel	N	6.607	6.343	6.184	3.416	-3%	-45%
	O	33.166	31.839	31.062	24.113	-2%	-22%
	V	13.097	12.573	12.126	12.126	-4%	0%
	B	6.176	5.929	5.825	5.825	-2%	0%
	Overig	133.532	128.191	125.655	125.655	-2%	0%
	Totaal	192.578	184.875	180.851	171.134	-2%	-5%
Utrecht	N	5.633	5.408	5.235	2.259	-3%	-57%
	O	6.034	5.793	5.585	4.702	-4%	-16%
	V	17.712	17.004	16.339	16.339	-4%	0%
	B	1.032	991	968	968	-2%	0%
	Overig	38.924	37.367	36.120	36.120	-3%	0%
	Totaal	69.335	66.561	64.247	60.389	-3%	-6%
Zeeland	N	5.565	5.342	5.192	3.174	-3%	-39%
	O	17.892	17.176	16.702	3.269	-3%	-80%
	V	-	-	-	-		
	B	-	-	-	-		
	Overig	96.133	92.288	89.998	89.998	-2%	0%
	Totaal	119.591	114.807	111.892	96.441	-3%	-14%
Zuid-Holland	N	9.251	8.881	8.558	4.934	-4%	-42%
	O	7.527	7.226	6.974	3.431	-3%	-51%
	V	28.646	27.500	26.429	26.429	-4%	0%
	B	-	-	-	-		
	Overig	66.068	63.426	61.204	61.204	-4%	0%
	Totaal	111.492	107.032	103.166	95.998	-4%	-7%
Nederland-totaal	N	108.982	104.625	101.695	49.836	-3%	-51%
	O	205.279	197.066	192.366	110.817	-2%	-42%
	V	113.264	108.735	104.595	104.595	-4%	0%
	B	33.404	32.069	31.525	31.525	-2%	0%
	Overig	1.341.829	1.288.159	1.255.155	1.255.155	-3%	0%
	Totaal	1.802.761	1.730.649	1.685.336	1.551.928	-3%	-8%

Tabel B4.2 Dieraantallen in de RR en relatieve verandering in dieraantallen als gevolg van scenario S1 en S2 (%).

Provincie	Rundvee			Varkens			Kippen			Overige dieren		
	x10 ³	Verandering (t.o.v. RR)		x10 ³	Verandering (t.o.v. RR)		x10 ⁶	Verandering (t.o.v. RR)		x10 ³	Verandering (t.o.v. RR)	
		RR	S1		S2	RR		S1	S2		RR	S1
Drenthe	216	-20%	-14%	160	-20%	-18%	7,3	-20%	-16%	97	-20%	-24%
Flevoland	61	-20%	-30%	58	-20%	-30%	2,7	-20%	-32%	123	-20%	-31%
Friesland	505	-20%	-12%	32	-20%	-9%	7,2	-20%	-11%	113	-20%	-9%
Gelderland	858	-20%	-32%	885	-20%	-30%	16,6	-20%	-39%	574	-20%	-38%
Groningen	190	-20%	-5%	150	-20%	-8%	4,7	-20%	-3%	77	-20%	-3%
Limburg	119	-20%	-20%	1019	-20%	-25%	14,9	-20%	-31%	398	-20%	-42%
Noord-Brabant	567	-20%	-16%	2789	-20%	-22%	22,8	-20%	-25%	314	-20%	-29%
Noord-Holland	147	-20%	-14%	12	-20%	-11%	1,2	-20%	-3%	89	-20%	-15%
Overijssel	587	-20%	-18%	787	-20%	-22%	10,5	-20%	-26%	232	-20%	-30%
Utrecht	183	-20%	-24%	117	-20%	-33%	2,1	-20%	-34%	68	-20%	-22%
Zeeland	49	-20%	-10%	71	-20%	-22%	1,8	-20%	-23%	24	-20%	-11%
Zuid-Holland	151	-20%	-16%	56	-20%	-23%	0,4	-20%	-11%	78	-20%	-14%
Nederland	3634	-20%	-19%	6135	-20%	-23%	92,3	-20%	-25%	2188	-20%	-30%

In Tabel B4.3 is de gemiddelde stikstof- en fosfaattoediening door kunstmest en dierlijke mest weergegeven. Van het basisjaar (BJ; 2020) naar de referentieraming (RR; 2030) neemt de stikstofbemesting uit dierlijke mest licht af. Dit komt doordat in BJ een bepaalde mate van overbemesting kan voorkomen (zie paragraaf B2.2.8), terwijl in RR wordt toegediend tot de maximale gebruiksnorm, waarna het overschot aan dierlijke mest wordt geëxporteerd. De toediening van fosfaat uit dierlijke mest neemt licht toe tussen BJ en RR. Dit wordt veroorzaakt door een hogere fosfaatexcretie bij rundvee, waardoor de N/P-verhouding iets afneemt (zie paragraaf B2.2.3). Daarom wordt er dan dus relatief meer fosfaat toegepast via dierlijke mest.

Als gevolg van het afschaffen van de derogatie in scenario S1 en S2 neemt de N-bemesting van dierlijke mest af. Dit wordt aangevuld met kunstmest, waardoor de toediening van N-kunstmest licht toeneemt (zie ook paragraaf 5.3.3). Voor de fosfaattoediening via kunstmest is een grotere toename te zien. Dit wordt veroorzaakt door het vervallen van de restrictie op fosfaatkunstmest die aan de derogatie zit gekoppeld. Met het vervallen van de derogatie vervalt ook deze restrictie, waardoor er meer P₂O₅-kunstmest zal worden toegediend. Deze toename is zo groot dat de totale P₂O₅-gift per hectare zowel in S1 als S2 hoger is dan in RR.

Tabel B4.3 Overzicht van de gemiddelde dierlijke en kunstmestgiften van stikstof (kg N/ha) en fosfaat (kg P₂O₅/ha) per provincie in het basisjaar 2020 (BJ) in de referentieraming 2030 (RR) en scenario S1 en S2.

Provincie	Stikstofbemesting dierlijke mest (kg N/ha)				Stikstofbemesting kunstmest (kg N/ha)				Fosfaatbemesting dierlijke mest (kg P ₂ O ₅ /ha)				Fosfaatbemesting kunstmest (kg P ₂ O ₅ /ha)			
	BJ	RR	S1	S2	BJ	RR	S1	S2	BJ	RR	S1	S2	BJ	RR	S1	S2
Drenthe	188	182	155	159	94	97	105	92	57	59	52	52	6	5	17	14
Flevoland	174	168	160	162	85	87	92	90	55	58	58	59	18	16	17	16
Friesland	224	219	160	163	158	160	194	170	65	66	50	50	4	4	33	22
Gelderland	209	196	158	159	143	148	168	144	63	63	53	53	6	6	25	20
Groningen	188	181	155	159	123	127	139	132	57	59	52	53	7	7	18	16
Limburg	174	149	136	136	74	81	85	67	50	52	52	51	9	7	9	5
Noord-Brabant	198	163	144	148	83	90	98	89	59	54	52	52	7	7	13	10
Noord-Holland	191	188	156	159	138	139	159	133	57	60	52	52	7	6	19	12
Overijssel	218	202	160	159	125	131	154	122	66	63	52	51	4	4	27	17
Utrecht	227	215	161	162	171	171	207	164	66	65	50	50	5	5	32	16
Zeeland	162	150	146	151	93	99	101	95	53	55	56	57	8	8	8	7
Zuid-Holland	198	188	153	156	143	146	168	135	59	60	52	52	7	6	21	9
Nederland	199	185	154	157	120	124	140	122	60	60	52	52	7	6	20	15

Bijlage 5 Differentiatie depositiecijfers

Tabel B5.1 Areaalpercentage onder de kritische depositiewaarde per Natura 2000-gebied.

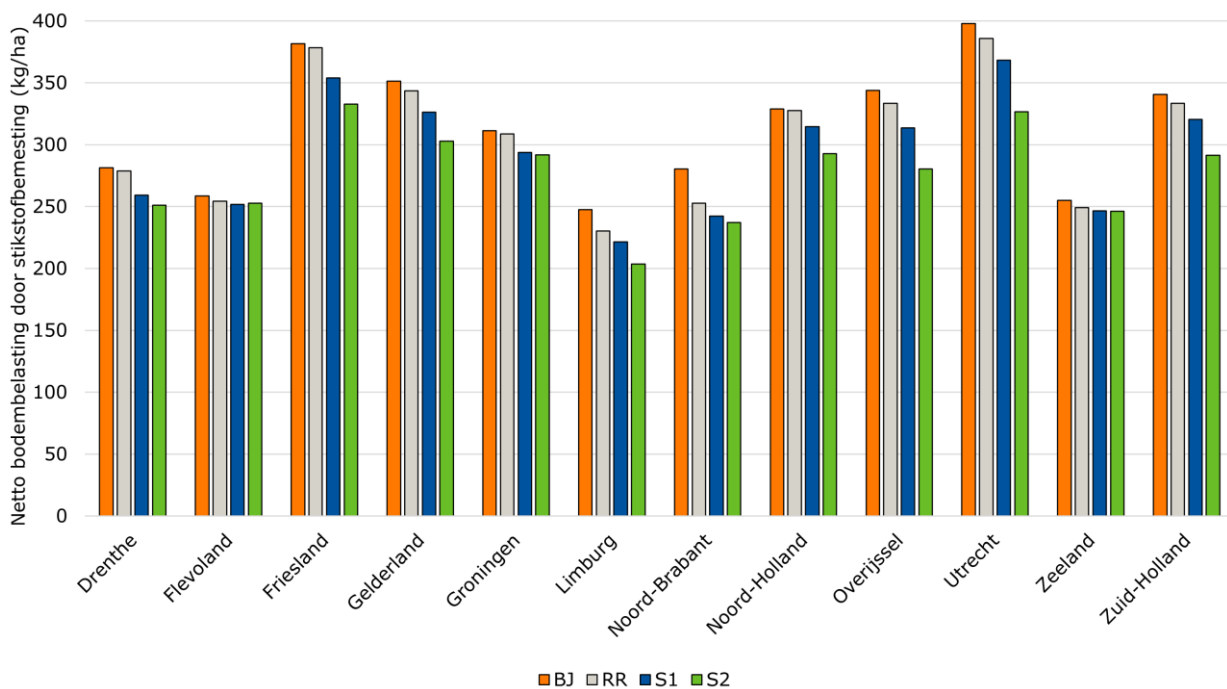
Natura 2000-gebied	BJ	RR	S1	S2
Waddenzee	100%	100%	100%	100%
Duinen en Lage Land Texel	76%	83%	99%	99%
Duinen Vlieland	85%	90%	99%	99%
Duinen Terschelling	75%	80%	98%	99%
Duinen Ameland	57%	65%	98%	99%
Duinen Schiermonnikoog	62%	69%	92%	93%
Noordzeekustzone	100%	100%	100%	100%
Groote Wielen	100%	100%	100%	100%
Oudegaasterbrekken, Fluessen en omgeving	100%	100%	100%	100%
Alde Feanen	75%	76%	88%	89%
Van Oordt's Mersken	99%	99%	100%	100%
Wijnjeterper Schar	41%	62%	97%	99%
Bakkeveense Duinen	0%	2%	95%	95%
Rottige Meenthe & Brandemeer	58%	58%	96%	97%
Lieftinghsbroek	97%	97%	100%	100%
Norgerholt	73%	73%	100%	100%
Fochteloerveen	1%	1%	1%	1%
Witterveld	16%	16%	16%	16%
Drentsche Aa-gebied	50%	70%	99%	99%
Drouwenezand	39%	71%	92%	92%
Drents-Friese Wold & Leggelderveld	7%	14%	70%	81%
Elperstroomgebied	44%	44%	99%	99%
Holtingerveld	12%	47%	91%	91%
Dwingelderveld	40%	46%	80%	85%
Mantingerbos	100%	100%	100%	100%
Mantingerzand	4%	44%	90%	90%
Bargerveen	4%	5%	5%	5%
Weerribben	64%	65%	85%	91%
De Wieden	71%	71%	93%	95%
Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht	98%	99%	100%	100%
Olde Maten & Veerslootslanden	72%	88%	95%	100%
Rijntakken	89%	96%	100%	100%
Vecht- en Beneden-Reggegebied	7%	36%	73%	78%
Engbertsdijksvenen	0%	0%	1%	1%
Boetelerveld	0%	7%	99%	99%
Sallandse Heuvelrug	44%	52%	95%	97%
Wierdense Veld	0%	0%	0%	0%
Borkeld	0%	37%	74%	74%
Springendal & Dal van de Mosbeek	11%	20%	86%	86%
Bergvennen & Brecklenkampse Veld	2%	10%	46%	48%
Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek	49%	97%	99%	99%
Lemselermaten	71%	74%	95%	95%
Dinkelland	40%	54%	99%	99%
Landgoederen Oldenzaal	40%	100%	100%	100%
Lonnekermeer	0%	0%	64%	64%
Buurserzand & Haaksbergerveen	2%	24%	40%	40%
Witte Veen	2%	41%	83%	85%
Aamsveen	8%	10%	11%	11%
Veluwe	7%	24%	78%	91%
Landgoederen Brummen	43%	87%	90%	90%

Natura 2000-gebied	BJ	RR	S1	S2
Stelkampsveld	20%	26%	85%	85%
Korenburgerveen	12%	17%	18%	18%
Willinks Weust	0%	86%	92%	92%
Bekendelle	34%	100%	100%	100%
Wooldse Veen	0%	0%	0%	0%
Binnenveld	0%	17%	92%	92%
De Bruuk	0%	0%	100%	100%
Lingegebied & Diefdijk-Zuid	47%	47%	95%	96%
Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem	100%	100%	100%	100%
IJsselmeer	100%	100%	100%	100%
Zwarte Meer	100%	100%	100%	100%
Kolland & Overlangbroek	100%	100%	100%	100%
Uiterwaarden Lek	6%	64%	100%	100%
Botshol	47%	47%	61%	98%
Duinen Den Helder-Callantsoog	63%	66%	91%	92%
Zwanenwater & Pettemerduinen	68%	73%	96%	96%
Schoorlse Duinen	34%	54%	85%	85%
Noordhollands Duinreservaat	55%	61%	90%	91%
Kennemerland-Zuid	74%	76%	98%	98%
Eilandspolder	0%	0%	100%	100%
Wormer- en Jisperveld & Kalverpolder	8%	8%	85%	85%
Polder Westzaan	57%	57%	80%	84%
Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske	27%	27%	70%	91%
Naardermeer	94%	94%	95%	96%
Oostelijke Vechtplassen	98%	98%	99%	99%
Coepelduynen	47%	92%	99%	99%
Meijendel & Berkheide	71%	81%	89%	89%
Westduinpark & Wapendal	49%	73%	83%	83%
Solleveld & Kapittelduinen	73%	79%	88%	88%
Voornes Duin	80%	85%	98%	98%
Duinen Goeree & Kwade Hoek	76%	76%	86%	86%
Nieuwkoopse Plassen & De Haeck	41%	43%	87%	94%
Zouweboezem	86%	86%	100%	100%
Biesbosch	92%	97%	100%	100%
Voordelta	99%	100%	100%	100%
Krammer-Volkerak	93%	100%	100%	100%
Grevelingen	89%	97%	98%	98%
Kop van Schouwen	43%	51%	60%	60%
Manteling van Walcheren	47%	63%	73%	73%
Oosterschelde	96%	99%	100%	100%
Yerseke en Kapelse Moer	99%	99%	100%	100%
Westerschelde & Saeftinghe	98%	100%	100%	100%
Zwin & Kievittepolder	98%	100%	100%	100%
Groote Gat	0%	7%	7%	7%
Canisvliet	0%	100%	100%	100%
Vogelkreek	74%	74%	100%	100%
Brabantse Wal	0%	1%	21%	23%
Ulvenhoutse Bos	4%	12%	99%	99%
Langstraat	7%	24%	86%	86%
Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen	28%	35%	77%	78%
Vlijmens Ven, Moerputten & Bossche Broek	34%	51%	96%	96%
Kampina & Oisterwijkse Vennen	20%	50%	85%	86%
Regte Heide & Riels Laag	5%	12%	96%	96%
Kempenland-West	13%	27%	80%	80%
Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux	35%	53%	90%	93%
Strabrechtse Heide & Beuven	53%	68%	88%	88%
Weerter- en Budelerbergen & Ringselven	14%	31%	84%	93%
Deurnsche Peel & Mariapeel	0%	4%	11%	11%

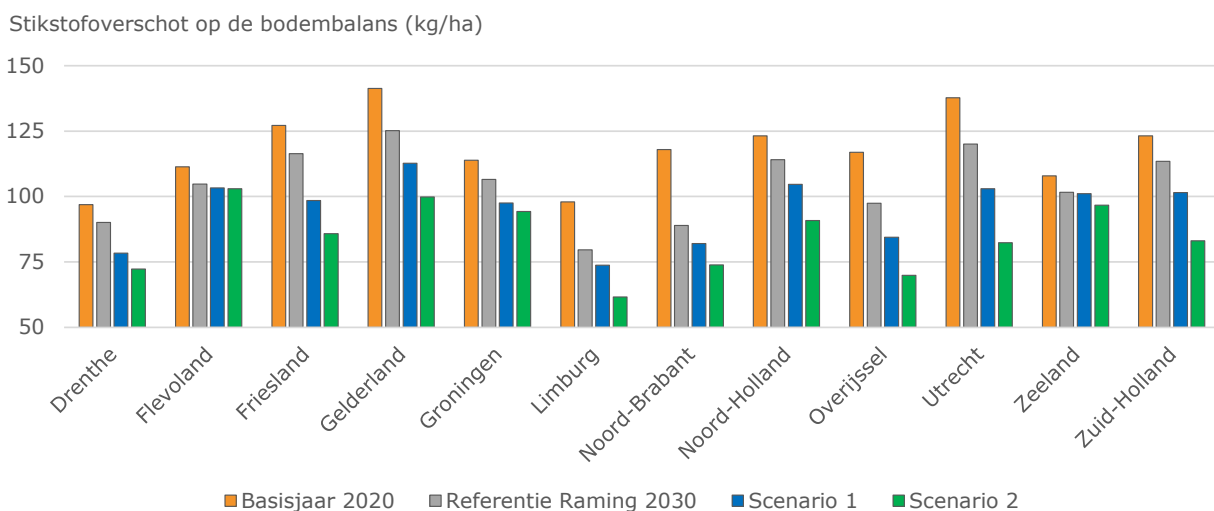
Natura 2000-gebied	BJ	RR	S1	S2
Groote Peel	1%	8%	9%	9%
Oeffelter Meent	88%	88%	100%	100%
Sint Jansberg	0%	32%	100%	100%
Zeldersche Driessen	21%	97%	100%	100%
Boschhuizerbergen	0%	0%	0%	0%
Maasduinen	5%	15%	67%	76%
Sarsven en De Banen	0%	0%	0%	0%
Leudal	70%	89%	100%	100%
Swalmdal	82%	96%	100%	100%
Meinweg	20%	50%	91%	93%
Roerdal	92%	96%	100%	100%
Bunder- en Elsloosbos	87%	89%	96%	96%
Geleenbeekdal	90%	91%	100%	100%
Brunsummerheide	22%	34%	100%	100%
Bemelerberg & Schiepersberg	85%	85%	99%	99%
Geuldal	74%	98%	100%	100%
Kunderberg	100%	100%	100%	100%
Sint Pietersberg & Jekerdal	98%	98%	100%	100%
Savelsbos	98%	100%	100%	100%
Noorbeemden & Hoogbos	100%	100%	100%	100%
Maas bij Eijsden	100%	100%	100%	100%
Totaal gewogen gemiddeld	37%	47%	81%	88%

Bijlage 6 Netto stikstof- en fosfaatbelasting van landbouwgronden en stikstof- en fosfaatoverschot op de bodembalans per provincie

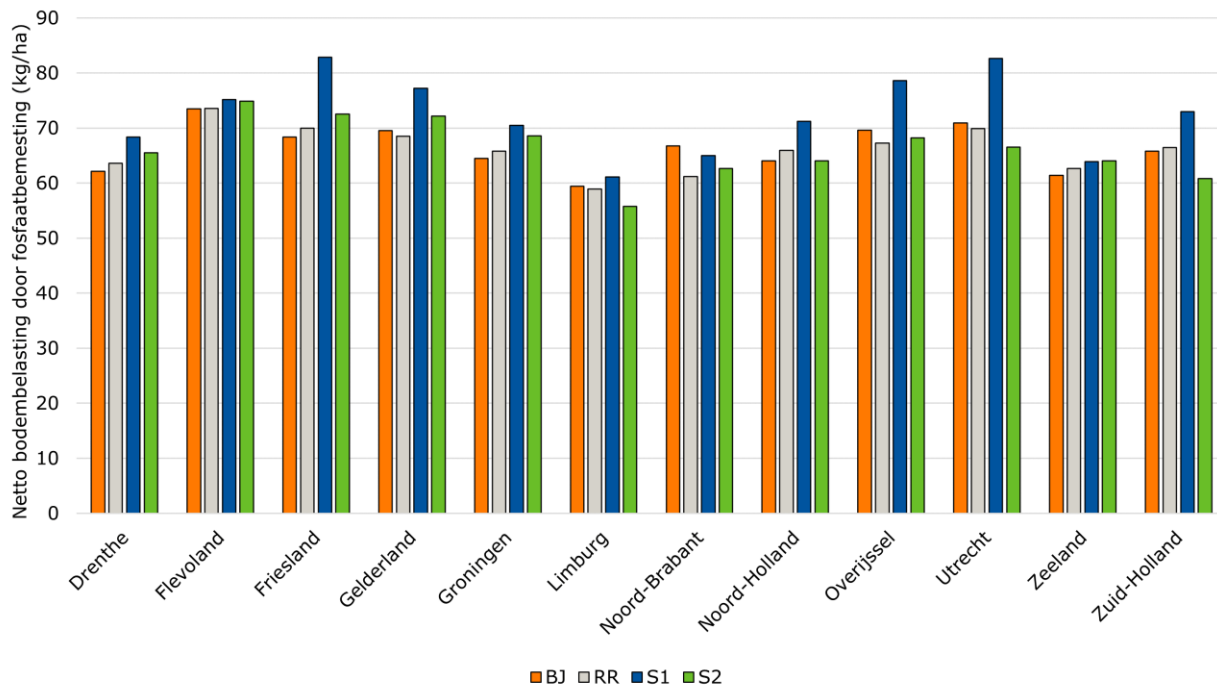
De netto-bodembelasting door bemesting (zie Figuur B6.1; stikstof en Figuur B6.3; fosfor) wordt berekend als de toediening van mest verminderd met de aanwendingsemisatie (NH_3 -vervluchtiging). Het overschot op de bodembalans (zie Figuur B6.2; stikstof en Figuur B6.4; fosfor) wordt berekend als bemesting + depositie verminderd met gewasafvoer (oogst, begrazing) en aanwendingsemisatie.



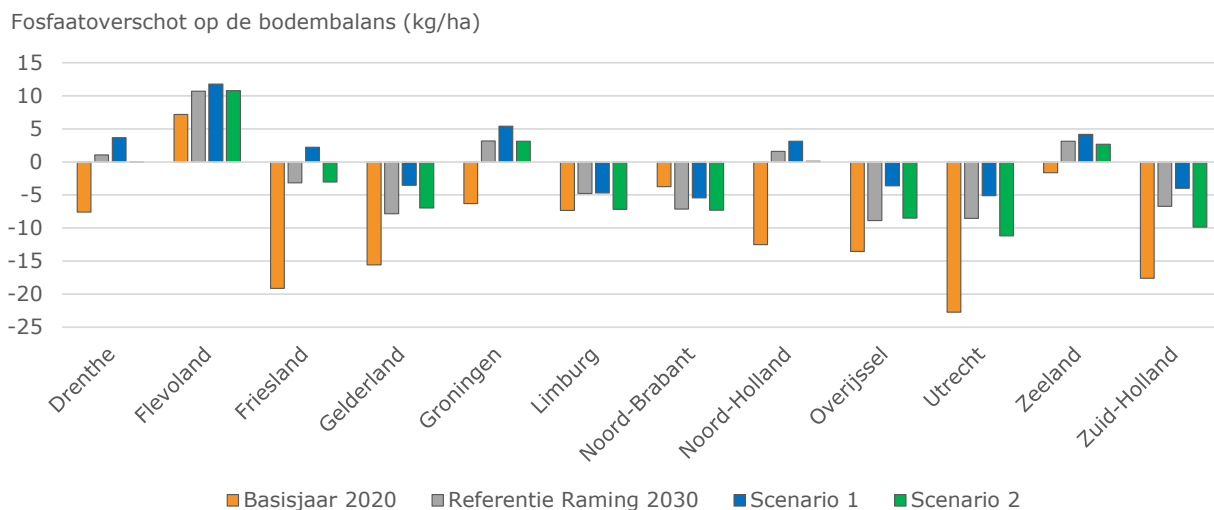
Figuur B6.1 Gemiddelde door INITIATOR berekende door stikstofbemesting (dierlijke mest en kunstmest) en gebruikt als invoer voor het LWKM in kilogram per hectare bemeste landbouwgrond, per provincie.



Figuur B6.2 Gemiddelde waarden van het stikstofoverschot op de bodembalans berekend met LWKM in kilogram per hectare bemeste landbouwgrond, per provincie.



Figuur B6.3 Gemiddelde door INITIATOR berekende door fosfaatbemesting (dierlijke mest en kunstmest) en gebruikt als invoer voor het LWKM in kilogram P_2O_5 per hectare bemeste landbouwgrond, per provincie.



Figuur B6.4 Gemiddelde waarden van het fosfaatoverschot op de bodembalans berekend met LWKM in kilogram per hectare bemeste landbouwgrond, per provincie.

Nitraat gemiddeld voor KRW-grondwaterlichamen

In aanvulling op het provinciale beeld geven de resultaten voor de KRW-grondwaterlichamen een gedifferentieerder beeld voor de zuidelijke provincies.

Voor een alternatieve presentatie van nitraatconcentraties in het uitspoelingswater uit de wortelzone is uitgegaan van de grondwaterlichamen van de Kaderrichtlijn Water. Omdat Zand Rijn-Oost en Zand Maas grote gebieden zijn, zijn deze nader onderverdeeld in drie deelgebieden. Zand Rijn-Oost is onderverdeeld volgens de provinciegrenzen en Zand Maas is onderverdeeld aan de hand van de ligging van het dieper gelegen grondwaterlichaam van Maas-Slenk.



Figuur B6.5 Ligging van de KRW-waterlichamen waarvoor de berekende effecten van de twee scenario's op de nitraatconcentraties worden gerapporteerd. Steunkleuren hebben geen betekenis.

Enkele gebieden zijn te klein en/of het landbouwareaal is te klein om gemiddelde nitraatconcentraties te rapporteren. Evenals in de rapportage van de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al., 2020) worden voor deze gebieden (Zoet grondwater in dekzand, Duin Maas, Zout Maas, Duin Rijn-West, Wadden Rijn-Noord, Zout Eems, Zand Rijn-West) geen resultaten gepresenteerd.

Voor de grondwaterlichamen Zand Maas-Slenk en Zand Maas-Oost wordt voor het basisjaar 2020 een nitraatconcentratie berekend van 85 en 94 mg/L NO_3 . In deze gebieden nemen in RR en bij de twee scenario's de nitraatconcentraties duidelijk af tot waarden lager dan 50 mg/L. Voor de landbouwpercelen gelegen in het gebied van het KRW-grondwaterlichaam Krijt Zuid-Limburg wordt voor het basisjaar een gemiddelde nitraatconcentratie berekend van 69 mg/L. In RR en in S1 blijft de nitraatconcentratie ongeveer gelijk, maar in S2 neemt de nitraatconcentratie af tot 64 mg/L. Opgemerkt wordt dat de berekende nitraatconcentraties in het Krijtgebied betrekking hebben op jaargemiddelde waarden van nitraat in het bodemvocht tussen 1,5 en 3 m onder maaiveld. In de zandgebieden wordt de nitraatconcentratie berekend voor de eerste meter onder de grondwaterstand. Door een kleinere set aan beschikbare meetgegevens voor de ijking van het uitspoelingsmodel (Van der Bolt et al., 2020) zijn de rekenresultaten voor bodemvochtconcentraties in het lössgebied minder robuust dan voor nitraat in de bovenste meter van het grondwater in de zandgebieden. Bovendien zijn concentraties in het bodemvocht van lössgronden door verschillen in meettechnieken minder nauwkeurig vast te stellen dan concentraties in het grondwater van zandgronden (Fraters en Boumans, 2015).

Tabel B6.1 Berekende gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties onder landbouwpercelen voor de doorgerekende scenario's.

KRW-grondwaterlichaam of deelgebied	Basisjaar	RR	S1	S2
	2020	2045	2045	2045
Deklaag Rijn-Noord	19	19	18	18
Deklaag Rijn-Oost	20	19	19	18
Deklaag Rijn-West	10	10	10	10
Krijt Zuid-Limburg	69	73	70	64
Maas-Slenk	85	55	52	45
Zand Eems	44	44	41	40
Zand Rijn-Midden	31	26	26	24
Zand Rijn-Noord	29	29	27	26
Zand Rijn-Oost-Drenthe	41	41	38	38
Zand Rijn-Oost-Gelderland	42	37	35	34
Zand Rijn-Oost-Overijssel	50	42	40	38
Zand-Maas-Oost	94	57	52	44
Zand-Maas-West	55	44	42	38
Zout grondwater in ondiepe zandlagen	18	20	19	19
Zout Rijn-Noord	10	11	10	10
Zout Rijn-West	17	17	17	17

Tabel B6.2 Berekende areaalpercentages met een nitraatconcentraties lager of gelijk aan 50 mg/L voor de doorgerekende scenario's.

KRW-grondwaterlichaam of deelgebied	Basisjaar	RR	S1	S2
	2020	2045	2045	2045
Deklaag Rijn-Noord	95%	96%	97%	97%
Deklaag Rijn-Oost	93%	94%	94%	95%
Deklaag Rijn-West	99%	99%	99%	99%
Krijt Zuid-Limburg	12%	11%	12%	28%
Maas-Slenk	41%	51%	53%	58%
Zand Eems	61%	59%	63%	66%
Zand Rijn-Midden	85%	87%	88%	89%
Zand Rijn-Noord	84%	84%	87%	88%
Zand Rijn-Oost-Drenthe	68%	66%	70%	72%
Zand Rijn-Oost-Gelderland	65%	67%	70%	71%
Zand Rijn-Oost-Overijssel	61%	65%	67%	69%
Zand-Maas-oost	39%	50%	52%	59%
Zand-Maas-west	56%	61%	64%	68%
Zout grondwater in ondiepe zandlagen	99%	99%	99%	99%
Zout Rijn-Noord	100%	100%	100%	100%
Zout Rijn-West	96%	96%	97%	97%

Bijlage 7 Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor gemiddeld voor waterbeheergebieden

De berekende reducties in N- en P-uitspoeling zijn ook voor de waterschapsgebieden weergegeven zoals deze zijn onderscheiden in Figuur B7.1.



Figuur B7.1 Ligging van de waterschapsgebieden in 2010 waarvoor de berekende effecten van de scenario's met maatregelen op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor worden gerapporteerd. Steunkleuren hebben geen betekenis.

Voor de provincie Noord-Brabant liggen de stikstofreductiedoelen voor waterschappen Brabantse Delta, De Dommel en Aa en Maas ongeveer in dezelfde ordegrrootte (30-37%; Tabel B7.1). Het beeld voor Limburg is dat de benodigde vermindering van stikstofuitspoeling van 57% in het beheersgebied van het voormalige waterschap Peel en Maasvallei niet veel verschilt van het reductiedoel van 47% voor het voormalige waterschap Roer en Overmaas.

Tabel B7.1 Effecten van scenario's op de vermindering van de stikstofuitspoeling uit landbouwpercelen per waterbeheersgebied.

Waterbeheersgebied	Reductiedoel*	RR	S1	S2
Aa en Maas	37%	40%	45%	46%
Brabantse Delta	30%	7%	12%	14%
De Dommel	34%	31%	35%	37%
Groot Salland	1%	8%	12%	14%
Hollandse Delta	7%	-3%	-2%	-1%
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	18%	3%	4%	6%
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	0%	5%	8%	10%
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	20%	-1%	1%	2%
Hoogheemraadschap van Delfland	25%	-2%	-2%	0%
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	10%	0%	2%	3%
Hunze en Aa's	0%	1%	6%	8%
Noorderzijlvest	3%	-1%	2%	3%
Peel en Maasvallei	57%	30%	35%	39%
Reest en Wieden	0%	1%	6%	8%
Regge en Dinkel	33%	14%	19%	22%
Rijn en IJssel	19%	11%	16%	18%
Rijnland	0%	3%	4%	5%
Rivierenland	2%	4%	6%	9%
Roer en Overmaas	47%	8%	11%	24%
Scheldestromen	4%	-3%	-1%	0%
Vallei & Eem	16%	25%	27%	29%
Velt en Vecht	15%	5%	10%	11%
Veluwe	6%	9%	13%	17%
Wetterskip Fryslan	10%	2%	6%	8%
Zuiderzeeland	3%	-2%	0%	0%

* Vermindering van uit- en afspoeling van landbouwgronden om aan doelen voor de KRW te voldoen.

Tabel B7.2 Effecten van scenario's op de vermindering van de fosforuitspoeling uit landbouwpercelen per waterbeheersgebied.

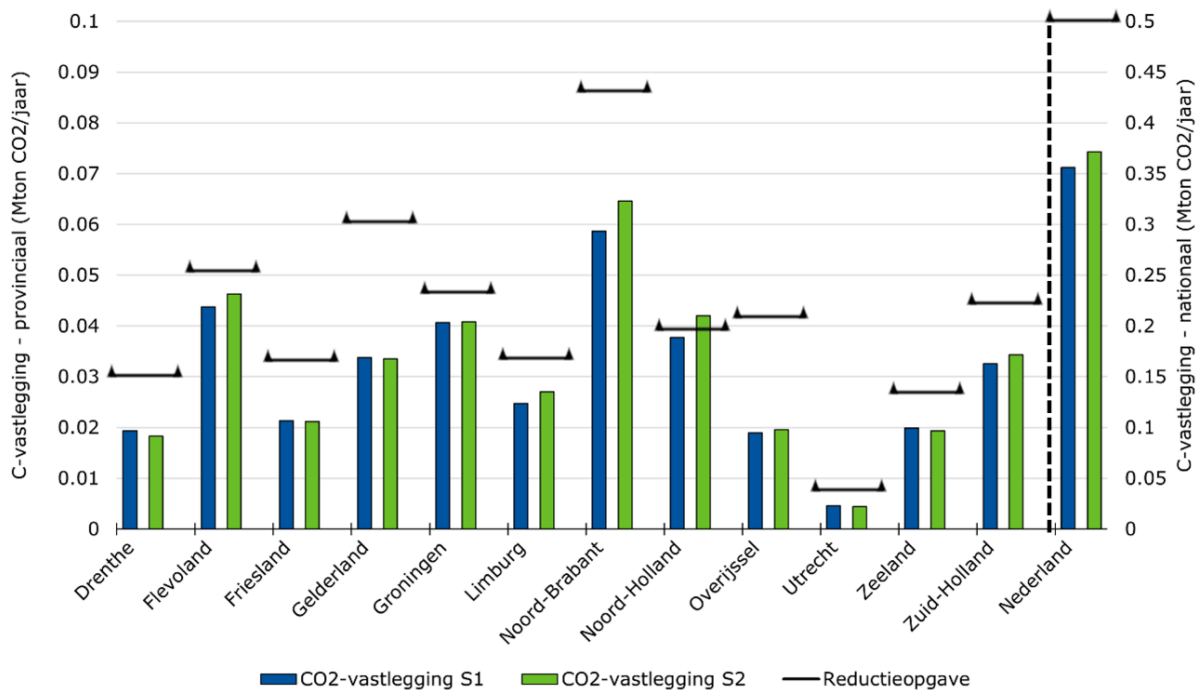
Waterbeheersgebied	Reductiedoel*	RR	S1	S2
Aa en Maas	33%	19%	21%	22%
Brabantse Delta	9%	4%	5%	6%
De Dommel	29%	20%	22%	23%
Groot Salland	0%	3%	2%	6%
Hollandse Delta	3%	1%	1%	1%
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	15%	4%	3%	6%
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	4%	2%	2%	4%
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	19%	-1%	-1%	0%
Hoogheemraadschap van Delfland	14%	3%	3%	3%
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	11%	2%	3%	4%
Hunze en Aa's	0%	-1%	-1%	0%
Noorderzijlvest	26%	1%	1%	1%
Peel en Maasvallei	63%	18%	21%	22%
Reest en Wieden	7%	5%	5%	7%
Regge en Dinkel	8%	6%	9%	11%
Rijn en IJssel	1%	3%	4%	5%
Rijnland	27%	1%	1%	2%
Rivierenland	3%	2%	2%	3%
Roer en Overmaas	27%	15%	15%	21%
Scheldestromen	0%	0%	1%	1%
Vallei & Eem	19%	6%	8%	9%
Velt en Vecht	8%	5%	6%	7%
Veluwe	3%	4%	5%	8%
Wetterskip Fryslan	6%	1%	1%	3%
Zuiderzeeland	9%	-3%	-3%	-3%

* Vermindering van uit- en afspoeling van landbouwgronden om aan doelen voor de KRW te voldoen.

Bijlage 8 Nadere toelichting effecten derogatie op koolstofvastlegging

In paragraaf 6.2.2 zijn de berekeningsresultaten in C-vastlegging per provincie beschreven. Deze resultaten worden zeer beïnvloed door het vervallen van de derogatie (zoals in september 2022 bekend is geworden), waardoor minder dierlijke mest wordt uitgereden. De koolstofvastlegging in de bodem ten opzichte van RR neemt hierdoor af, en in enkele provincies neemt de koolstofvoorraad af. Om inzicht te geven wat het effect is van de overige maatregelen, is in Figuur A9.1 weergegeven wat de gevolgen zijn van de maatregelenpakketten zonder vervallen van de derogatie.

Deze grafiek laat zien dat zonder het effect van de derogatie het doel nog niet gehaald wordt, maar met een vastlegging van 0,36-0,37 Mton CO₂ wel bijna op driekwart van het doel zit. In Noord-Holland wordt het doel in scenario S2 wel gehaald. Met name in de provincies met veel snijmais (Gelderland, Overijssel en Noord-Brabant) zijn nog extra maatregelen nodig om het doel te halen, aangezien omzetting van snijmais in grasland niet in de doorrekeningen is meegenomen. Met de maatregelen toepassen vanggewassen en een hoger aandeel rustgewassen zijn de belangrijkste maatregelen voor de akkerbouw wel meegenomen.



Figuur B8.1 Koolstofvastlegging in minerale landbouwbodems ten opzichte van referentieraming 2030 in scenario S1 (blauw) en S2 (groen), waarin de derogatie gehandhaafd blijft, in Mton CO₂/jaar, vergeleken met de provinciale reductiedoelstellingen van CO₂ (zwart). Op de linker y-as de provinciale emissies en op de rechter y-as de nationale emissies. Resultaten van modelberekeningen met RothC.



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

Wageningen Environmental Research
Rapport 3236
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 3236
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.

