

Effecten van maatregelen op nitraat in het agrarische deel van grondwaterbeschermingsgebieden

Piet Groenendijk, Kevin Duan, Leo Renaud, René Rietra

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effecten van maatregelen op nitraat in het agrarische deel van grondwaterbeschermingsgebieden

Piet Groenendijk, Kevin Duan, Leo Renaud, René Rietra

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, oktober 2024

Gereviewd door:
Frank van der Bolt, onderzoeker bodem- en waterbeheer

Akkoord voor publicatie:
GertJan Reinds, teamleider (team Duurzaam Bodemgebruik, WENR)

Rapport 3371
ISSN 1566-7197

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Groenendijk, Piet, Kevin Duan, Leo Renaud, René Rietra, 2024. *Effecten van maatregelen op nitraat in het agrarische deel van grondwaterbeschermingsgebieden.* Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3371. 70 blz.; 4 fig.; 33 tab.; 35 ref.

In 34 van de kwetsbaarste grondwaterbeschermingsgebieden wordt gewerkt aan het verminderen van de nitraatuitspoeling uit de landbouw door het aanpassen van de agrarische bedrijfsvoering. Hiervoor is door de ministeries van LNV, I&W, het IPO, Vewin en LTO Nederland in 2017 een bestuursovereenkomst opgesteld. Uit gemeten nitraatconcentraties blijkt dat vaak verdergaande maatregelen nodig zijn om gebiedsgemiddeld aan het doel van maximaal 50 mg/L nitraat in het bovenste grondwater te voldoen. In de onderhavige studie is ervan uitgegaan dat in het agrarische deel van de grondwaterbeschermingsgebieden aan het doel van maximaal 50 mg/L nitraat moet worden voldaan. Om aan te geven welk type maatregelen kan bijdragen aan het realiseren van doelen, is een modelverkenning uitgevoerd waarin de effecten van vier typen maatregelen zijn onderzocht. De aanpassing van gebruiksnormen heeft het grootste effect op de nitraatconcentraties, gevolgd door een drastische aanpassing van het bouwplan op akker- en tuinbouwbedrijven waarbij het areaal uitspoelingsgevoelige teelt sterk wordt beperkt. Als derde maatregel, gesorteerd naar het effect, geldt de maximale inzet van vanggewassen op een akker- en tuinbouwbedrijf en de vierde maatregel is de omzetting van een regulier landbouwsysteem naar een biologisch landbouwsysteem. Door de inzet van de maatregel met het grootste effect kan in ongeveer de helft van het aantal grondwaterbeschermingsgebieden aan het doel worden voldaan. Voor een grotere daling van de nitraatconcentratie is een combinatie van meerdere maatregelen nodig. In 6 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden is een vermindering groter dan 50 mg/L nodig en het is de vraag of aan deze opgave kan worden voldaan met een combinatie van de in de onderhavige studie beschouwde maatregelen. De berekeningen geven ook aan dat gemeten nitraatconcentraties in de periode 2019-2022 waarschijnlijk zijn beïnvloed door droge weersomstandigheden en mogelijk door hogere mestgiften in de voorafgaande periode.

Trefwoorden: grondwaterbeschermingsgebieden, nitraatuitspoeling, grondwater, maatregelen

Dit rapport is gratis te downloaden van https://doi.org/10.18174/674737 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.

© 2024 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 3371 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Shutterstock

Inhoud

Verantwoording **5**

Samenvatting **7**

1 Inleiding **11**

1.1 Achtergrond 11
1.2 Probleemstelling 11
1.3 Doel 12
1.4 Leeswijzer 12

2 Eigenschappen van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden **13**

2.1 Gewasoppervlakten 13
2.2 Bodems en grondwaterstanden 15
2.3 Gemeten nitraatconcentraties 17

3 Modelaanpak en modelaannames **19**

3.1 Schematisering van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden 19
3.2 Maatregelen 21
3.3 Toegepaste rekenmodellen 22
3.4 Implementatie van de maatregelen in de modellen 23
3.5 Methode van analyseren 27
3.6 Berekende nitraatconcentraties voor de uitgangssituatie 29
3.6.1 Berekend met gewassamenstelling en mestinvoer tot 2022 van het landelijke model 29
3.6.2 Uitgangssituatie berekend met gebiedsspecifieke gewasinformatie 30
3.7 Nitraatconcentraties onder landbouwpercelen 33
3.8 Nitraatconcentraties bij nul-overschotten 34

4 Effecten 'Aanpassing bouwplannen' **37**

4.1 Rotaties met akker- en tuinbouwgewassen 37
4.2 Verandering van landgebruik op melkveebedrijven 38

5 Effecten 'Aanvullende managementmaatregelen' **41**

5.1 Maatregelen op akker- en tuinbouwbedrijven 41
5.2 Managementmaatregelen op melkveebedrijven 42

6 Effecten 'Omzetting naar biologisch bedrijfssysteem' **45**

7 Gebiedsgemiddelde concentraties en gebiedsgemiddelde effecten van maatregelen **48**

8 Discussie **52**

9 Conclusies **58**

Literatuur **60**

Bijlage 1 Achtergrondinformatie toegepaste modellen **62**

Bijlage 2 Met uitspoelingsmodel berekende uitspoelfracties **65**

Verantwoording

Rapport: 3371
Projectnummer: 5200047915

Door de ministeries van LNV en I&W, het IPO, Vewin en LTO Nederland is in 2017 een bestuursovereenkomst 'Aanvullende aanpak nitraatuitspoeling uit agrarische bedrijfsvoering in specifieke grondwaterbeschermingsgebieden' opgesteld, waarmee nitraatconcentraties in de betreffende gebieden worden verminderd tot maximaal 50 mg/L in het bovenste grondwater. Het Ministerie van LNV heeft WENR gevraagd een modelstudie uit te voeren waarin de effecten van verschillende typen maatregelen op de nitraatuitspoeling in het landbouwareaal binnen deze gebieden worden verkend.

Het onderzoek is begeleid door Cors van den Brink (prov. Drenthe), Inge Stoelhort en Esther Wattel (min. van LNV), Wilbert van Zeventer en Erik Verhofstad (DGWB van min. van I&W) en Wim van Dijk en Jouke Oenema van Wageningen Plant Research.

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: Onderzoeker bodem- en waterkwaliteit

naam: ir. Frank van der Bolt

datum: 24 september 2024

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: dr. G.J. Reinds

datum: 24 september 2024

Samenvatting

Door de ministeries van LNV, I&W, het IPO, Vewin en LTO Nederland is een bestuursovereenkomst 'Aanvullende aanpak nitraatuitspoeling uit agrarische bedrijfsvoering in specifieke grondwaterbeschermingsgebieden' opgesteld met als doel dat op gebiedsniveau de nitraatconcentratie zal voldoen aan het niveau van maximaal 50 mg/L. In lijn met de Nitraatrichtlijn is in de onderhavige studie verondersteld dat dit doel ook geldt voor het agrarische deel van de grondwaterbeschermingsgebieden.

Metingen van de nitraatconcentraties in deze gebieden in opdracht van de provincies en een verkenning door RoyalHaskoningDHV (2020) van de effectiviteit van verschillende niveaus van mestgebruik, maken duidelijk dat in een aantal gebieden ingrijpende maatregelen nodig zijn om het doel van maximaal 50 mg/L in het bovenste grondwater te bereiken. Om maatregelen gericht te kunnen nemen, is verdieping van specifieke kennis in deze gebieden nodig over de relatie tussen landgebruik, bedrijfsmanagement en nitraatuitspoeling. Gevraagd is om:

- Effecten van een aantal maatregelen in beeld te brengen. Het gaat dan om effecten als een maatregel volledig en onverkort wordt uitgevoerd op alle percelen waar de maatregel beoogd is.
- Inzicht in het effect van droge jaren in de periode vanaf 2018 op gemeten concentraties en de effecten van reeds genomen maatregelen die nog niet zichtbaar zijn.

Per grondwaterbeschermingsgebied is voor het landbouwkundige deel een gemiddelde nitraatconcentratie van het bovenste grondwater vastgesteld op basis van bovengenoemde gerapporteerde metingen. In één gebied is de gemiddelde nitraatconcentratie lager dan 50 mg/L; in een ander gebied bedraagt de gemiddelde concentratie ongeveer 50 mg/L. In zeven gebieden is de nitraatconcentratie hoger dan 50 mg/L, maar wordt dit niveau met niet meer dan 20 mg/L overschreden en in zestien gebieden bedraagt de gemiddelde nitraatconcentratie meer dan 100 mg/L. Per grondwaterbeschermingsgebied is de benodigde vermindering van de nitraatconcentratie vastgesteld om aan het doel van maximaal 50 mg/L in het bovenste grondwater te voldoen.

Voor het modelleren van effecten van maatregelen is gebruikgemaakt van onderdelen van zowel het STONE-model als het LWKM-model (Landelijk Waterkwaliteitsmodel). Voor het beschrijven van de maatregelen zijn verschillende modellen of combinaties van modellen toegepast, waarbij zo goed als mogelijk bij het model voor landelijke beleidsanalyses is aangesloten (Landelijk Waterkwaliteitsmodel). Om inzicht te krijgen in effecten van maatregelen, is een viertal type berekeningen uitgevoerd:

a. Aanpassing gebruiksnormen: 1) een korting van 20% op de N-gebruiksnorm en 2) een korting van 33% op de N-gebruiksnorm, ongeacht het gewas. Als referentie wordt een situatie beschouwd met de N-gebruiksnormen van het 7e Actieprogramma en gebruik van dierlijke mest van maximaal 170 kg N/ha.
b. Aanpassing gewassen op melkveehouderijbedrijven: 1) een rotatie waarin drie jaar grasland wordt gevolgd door drie jaar snijmais met een vanggewas, waarbij in het eerste jaar snijmais geen mestgift wordt gegeven en in het tweede jaar snijmais een deel van de volgens de gebruiksnorm toegestane mestgift en 2) vervanging van snijmais door grasland.
   Aanpassing van bouwplannen op akker- en tuinbouwbedrijven. Hiervoor zijn vijf varianten doorgerekend: 1) Alle aardappelen worden vervangen door wintertarwe; 2) uitbreiding van de vruchtwisseling met een vezelgewas; 3) uitbreiding van de vruchtwisseling met een laag bemest vezelgewas; 4) de combinatie van 1 en 2; 5) de combinatie van 1 en 3.
c. Aanvullend management op melkveehouderijbedrijven: 1) 100% maaien van grasland waarbij het melkvee permanent op stal staat; 2) beperking van najaarsbeweiding.
   Aanvullend management op akkerbouwbedrijven. Hiervoor zijn vier varianten doorgerekend: 1) toepassing rijenbemesting bij suikerbieten; 2) de maximale inzet van vanggewassen daar waar mogelijk; 3) de teelt van een nieuw minder stikstofbehoeftig aardappelras; 4) recyclen van gewasresten van suikerbieten.
d. Biologisch bedrijfssysteem: voor een melkveehouderij wordt verondersteld dat 170 kg N/ha met dierlijke mest wordt toegediend aan gras/klaver. De klaver bindt stikstof uit de lucht.
   Voor een akkerbouwbedrijf wordt een vruchtwisseling van consumptieaardappelen, wintertarwe, uien en luzerne verondersteld. De luzerne bindt stikstof uit de lucht.

De berekeningen zijn uitgevoerd en beoordeeld voor het landbouwareaal in de gebieden. Berekende nitraatconcentraties voor de uitgangssituatie zijn vergeleken met de gemiddelde gemeten concentraties in de landbouwgebieden van de grondwaterbeschermingsgebieden.

Gemeten nitraatconcentraties in de periode 2019-2022 zijn waarschijnlijk beïnvloed door droge weersomstandigheden en mogelijk door hogere mestgiften in voorafgaande jaren. Bij een gematigd weertype wordt een lagere nitraatconcentratie berekend dan gemeten. Het gecombineerde effect van gematigd weer en na-ijleffecten van genomen maatregelen (hogere N-bodemoverschotten in het verleden) wordt berekend op een daling van enkele tientallen milligrammen nitraat per liter. Door deze daling neemt het aantal gebieden toe waar aan het doel van maximaal 50 mg/L in het bovenste grondwater onder landbouwgronden wordt voldaan (Tabel S.1).

Tabel S.1 *Overzicht van het aantal grondwaterbeschermingsgebieden met een bepaalde opgave tot vermindering van de nitraatconcentratie na de verrekening van droogte- en na-ijleffecten.*

Opgave tot vermindering nitraatconcentratie na verrekening droogte- en na-ijleffecten	Aantal grondwaterbeschermingsgebieden
Geen opgave	8
Opgave 0-25 mg/L	10
Opgave 25-50 mg/L	10
Opgave 50-75 mg/L	4
Opgave 75-100 mg/L	2

Effecten van maatregelen zijn berekend voor de periode vanaf 2033, waarbij de zichtperiode (aantal jaren waarover een gemiddelde concentratie is berekend) is afgestemd op de lengte van de rotatie.[1]

Een verlaging van de stikstofgebruiksnorm met 20% leidt tot een verlaging van de nitraatconcentratie in het landbouwgebied met 17-30 mg/L en bij een verlaging van de gebruiksnormen met 33% wordt berekend dat de nitraatconcentratie met 5 mg/L extra afneemt. In zestien gebieden zou dan aan het doel van maximaal 50 mg/L nitraat onder landbouwgronden worden voldaan. Een aanpassing van gewasrotatie op akkerbouwbedrijven heeft een verschillend effect op de nitraatconcentraties, omdat de rotaties verschillend zijn in de grondwaterbeschermingsgebieden. De toevoeging van respectievelijk een normaal bemest vezelgewas en een laag bemest vezelgewas aan de rotatie leidt gemiddeld voor het landbouwareaal tot een daling van 3 en 5 mg/L nitraat. Bij de omzetting van aardappel naar wintertarwe wordt een verlaging van 26 mg/L nitraat onder de akker- en tuinbouwpercelen berekend en als deze maatregel wordt gecombineerd met en laag bemest vezelgewas, wordt een daling van 34 mg/L nitraat berekend. De verlaging van de nitraatconcentraties gemiddeld voor het landbouwareaal bedraagt dan 12 en 16 mg/L voor de genoemde varianten. Voor melkveebedrijven wordt voor de omzetting van mais- naar grasland slechts een gering effect berekend, omdat voor de uitgangssituatie is uitgegaan van bemesting volgens gebruiksnormen, waarbij snijmais al een gering bodemoverschot achterlaat door krappe bemesting en de teelt van een vanggewas. Een rotatie van drie jaar grasland, gevolgd door drie jaar maisland waarbij de bemesting van mais is aangepast, resulteert in een daling van 13 mg/L nitraat onder de betreffende percelen. Gemiddeld komt dit overeen met een verlaging van 4 mg/L in het landbouwkundige deel van de grondwaterbeschermingsgebieden.

Aanvullende managementmaatregelen kunnen in specifieke situaties tot een daling van de nitraatconcentratie leiden. Van het maatregeltype 'Aanvullend management' leidt de teelt van een vanggewas – daar waar mogelijk – tot het grootste effect. Het zou tot een daling van 12 mg/L nitraat leiden onder het areaal akker- en tuinbouwgewassen. Bij deze maatregel zou in enkele gebieden in het lössgebied het doel van maximaal 50 mg/L nitraat onder landbouwpercelen bereikt kunnen worden. Voor de overige aanvullende managementmaatregelen (100% maaien grasland, geen najaarsbeweiding, nieuw aardappelras, recyclen gewasresten suikerbieten) is berekend dat ze gemiddeld voor het landbouwareaal kunnen leiden tot een daling van enkele milligrammen nitraat per liter. De daling van de nitraatconcentratie als gevolg van het

[1] Met een eventueel verlengde periode door de toevoeging van een vezelgewas.

omzetten van reguliere akker- en tuinbouwbedrijven naar een biologisch bedrijfssysteem is berekend op 8 mg/L nitraat gemiddeld voor het landbouwareaal en bij het omzetten van reguliere melkveehouderijbedrijven op 10 mg/L nitraat gemiddeld voor het landbouwareaal in de grondwaterbeschermingsgebieden.

Een gevoeligheidsanalyse waarin de hoogte van mestgiften is gevarieerd binnen een bepaalde bandbreedte wijst uit dat bij een stikstofbodemoverschot van nul kg/ha nog een bepaalde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wordt berekend. En stikstofbodemoverschot van nul kg/ha is te beschouwen als het resultaat van een zeer extreme variant van het maatregeltype 'Aanpassing gebruiksnormen'. Verschillende literatuurbronnen bevestigen de conclusie dat de mineralisatie van bodemorganische stof bijdraagt aan de nitraatuitspoeling en dat daarmee na-ijlingsprocessen na soms tientallen jaren van invloed zijn. Het is raadzaam hier rekening mee te houden bij de afleiding van toelaatbare mestgiften, met als doel om aan maximaal 50 mg/L te voldoen. Gemeten nitraatconcentraties in de periode 2019-2022 zijn waarschijnlijk beïnvloed door droge weersomstandigheden en mogelijk door hogere mestgiften in de voorafgaande periode.

Van de doorgerekende maatregelen heeft de aanpassing van gebruiksnormen het grootste effect op de nitraatconcentraties, gevolgd door een drastische aanpassing van het bouwplan op akker- en tuinbouwbedrijven waarbij het areaal uitspoelingsgevoelige teelten sterk wordt beperkt. Als derde maatregel, gesorteerd naar het effect, geldt de maximale inzet van vanggewassen op een akker- en tuinbouwbedrijf. De bemestende waarde van de resten van het vanggewas wordt dan verrekend met de mestgift aan het volggewas. De vierde maatregel, gesorteerd naar het effect, is de omzetting van een regulier landbouwsysteem naar een biologisch landbouwsysteem, waarbij de omzetting van een regulier akkerbouwbedrijf naar een biologisch bedrijfssysteem een groter effect heeft dan de omzetting van een regulier melkveebedrijf naar een biologisch bedrijf. Door de inzet van de maatregel met het grootste effect kan in ongeveer de helft van het aantal grondwaterbeschermingsgebieden aan het in deze studie gestelde doel van maximaal 50 mg/L nitraat onder landbouwpercelen worden voldaan. Voor een grotere daling van de nitraatconcentratie is een combinatie van meerdere maatregelen nodig.

In 6 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden overschrijdt de gemeten nitraatconcentratie in het landbouwgebied het niveau van 50 mg/L met meer dan 50 mg/L. Het is de vraag of aan het in deze studie gestelde doel van maximaal 50 mg/L onder landbouwpercelen kan worden voldaan met een combinatie van de in de onderhavige studie beschouwde maatregelen.

Als de opgave wordt vastgesteld voor het volledige areaal van de grondwaterbeschermingsgebieden en de gemiddelde nitraatconcentratie wordt berekend door middeling van de concentraties van het landbouwdeel en van het niet-landbouwdeel (natuur, openbaar groen, bebouwd gebied), leidt dit tot lagere gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties en is er in minder gebieden een opgave van maximaal 50 mg/L in het bovenste grondewater. Na verrekening van de na-ijlingseffecten en de effecten van de vermindering van de stikstofgebruiksnorm met 20% is er in 8 van de 34 gebieden nog een opgave. In een enkel geval leidt de aanpassing van bouwplannen, aanvullend management of de omzetting naar een biologisch bedrijfssysteem dan tot een volledig doelbereik.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In 34 van de kwetsbaarste grondwaterbeschermingsgebieden wordt gewerkt aan het verminderen van de nitraatuitspoeling uit de landbouw door het aanpassen van de agrarische bedrijfsvoering. Hiervoor is door de ministeries van LNV, I&W, het IPO, Vewin en LTO Nederland een bestuursovereenkomst 'Aanvullende aanpak nitraatuitspoeling uit agrarische bedrijfsvoering in specifieke grondwaterbeschermingsgebieden' opgesteld (BO-nitraat).[2] De BO-nitraat is als bijlage opgenomen bij het 6e actieprogramma nitraatrichtlijn.[3] In de Actieprogramma's Nitraatrichtlijn is er speciaal aandacht de voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van grondwaterbeschermingsgebieden. Het bovenste grondwater is relevant voor oppervlaktewater, en dient als *early warning* voor grondwater dat wordt onttrokken voor drinkwater. In BO-nitraat zijn projecten en monitoring afgesproken om te komen tot het doel van maximaal gemiddeld 50 milligram nitraat in het uitspoelingswater uit de wortelzone per grondwaterbeschermingsgebied.

In het kader van de bestuursovereenkomst en de in opdracht van de provincies uitgevoerde metingen van de nitraatconcentraties in deze gebieden maken duidelijk dat in een aantal gebieden ingrijpende maatregelen nodig zijn om het doel te bereiken. Om maatregelen gericht te kunnen nemen, is verdieping van specifieke kennis in deze gebieden over de relatie tussen landgebruik, bedrijfsmanagement en nitraatuitspoeling nodig.

1.2 Probleemstelling

In het kader van de bestuursovereenkomst is door de provincies in de jaren 2029-2023 een meetcampagne uitgevoerd. De gemeten concentraties in het bovenste grondwater geven aan dat onder landbouwpercelen van een aantal gebieden de drinkwaternorm van 50 mg/L nitraat fors wordt overschreden. Nitraatconcentraties in het niet-landbouwdeel van de grondwaterbeschermingsgebieden zijn doorgaans lager dan de nitraatconcentraties onder landbouwpercelen. Om de nitraatconcentraties in de landbouwgebieden van de grondwaterbeschermingsgebieden aan de norm van maximaal 50 mg/L nitraat in het bovenste grondwater te laten voldoen, zijn in een aantal gebieden extra landbouwmaatregelen nodig. In deze studie wordt verondersteld dat de te evalueren maatregelen tot doel hebben om per gebied gemiddeld onder de landbouwpercelen de nitraatconcentraties tot op of onder 50 mg/L te laten dalen.

Het verschil tussen de gemeten concentraties en het concentratieniveau van 50 mg/L wordt het doelgat genoemd. Dit doelgat heeft betrekking op het landbouwgebied binnen een grondwaterbeschermingsgebied. Omdat monitoring-aanpak wel in grote lijnen overeenstemt maar tussen de provincies enige verschillen kent wat betreft bemonsteringsperiode, frequentie monstername en locatiekeuze, zijn er ook enige verschillen in de manier waarop het doelgat is bepaald. Daarbij wordt opgemerkt dat de monitoringsgegevens niet zijn geïndexeerd voor het weer.

Als door de maatregelen de nitraatconcentratie tot op of onder 50 mg/L daalt, spreken we van doelbereik. Niet duidelijk is welk pakket aan maatregelen uiteindelijk zal leiden tot doelbereik. Dit hangt mede af van gebiedseigenschappen, de bedrijfsvoering van landbouwbedrijven en de mate waarin de drinkwaternorm op dit moment wordt overschreden. Het is wenselijk het type maatregelen en de omvang ervan af te stemmen op de lokale omstandigheden van de grondwaterbeschermingsgebieden en de omvang van het doelgat. Het is ook niet duidelijk of de gemeten overschrijding alleen een gevolg is van een te hoog stikstofoverschot op

[2] IPO, LNV, I&W, Vewin en LTO (2017) Bestuursovereenkomst 'Aanvullende aanpak nitraatuitspoeling uit agrarische bedrijfsvoering in specifieke grondwaterbeschermingsgebieden. 15 december 2017. https://www.tweedekamer.nl/downloads/document?id=2017D38906

[3] 6e actieprogramma Nitraatrichtlijn (2018-2021) https://www.tweedekamer.nl/downloads/document?id=2017D38906

landbouwpercelen of dat ook de droge jaren hierin een rol hebben gespeeld. Mogelijk zijn de hoge nitraatconcentraties ook een gevolg van na-ijling van voorgaande droge jaren.
Door deze na-ijlingseffecten is het moeilijk binnen de termijn van één of enkele jaren een verband te leggen tussen gemeten nitraatconcentraties en berekende N-bodemoverschotten op perceelsniveau en/of bedrijfsniveau. De eenvoudige benadering toegepast in de verkenning van de effectiviteit van verschillende vormen van agrarische bedrijfsvoering door Royal HaskoningDHV (Van den Brink et al., 2020) gaat uit van uitspoelfactoren die gelden voor een langjarig gemiddelde situatie en deze benadering houdt geen rekening met onder meer het geheugen van de bodem. Ook zijn de uitspoelfactoren afgeleid voor een bepaald traject van bodemoverschotten waarbij een extrapolatie niet altijd toelaatbaar is.

Daarnaast speelt de vraag of en in welke mate reeds genomen maatregelen in de toekomst nog tot een vermindering van de nitraatuitspoeling zal leiden. Door de na-ijling van enkele jaren zou het effect van recente maatregelen nog niet opgemerkt kunnen worden in de metingen. Ook is het denkbaar dat de maatregelen in de praktijk minder effectief zijn dan vooraf verondersteld. Maatregelen kunnen op het niveau van een proefveld wel tot duidelijke effecten leiden, maar binnen een bedrijfssysteem resulteren in veel kleinere effecten. Een voorbeeld hiervan is de drijfmestrijenbemesting in mais op zand- en lössgrond. Op bedrijfsniveau speelt het risico op bodemverdichting door het gebruik van zwaardere machines wel een rol, daar waar het bij proefvelden geen rol speelt.

Er is behoefte aan kennis over de effectiviteit van maatregelen in de grondwaterbeschermingsgebieden waarmee de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater verminderd kunnen worden. Als eerste is er behoefte aan inzicht in wat de effecten per maatregel zouden zijn als deze op alle percelen waar de maatregel bedoeld is, nauwkeurig en volledig wordt uitgevoerd, ook wel 'hoekpunten van speelveld' genoemd. Dit geeft richting aan de discussie in gebieden over het type maatregel waaraan gedacht kan worden. Ook is de vraag aan de orde of na-ijling van een droogte-effect invloed heeft gehad op de gemeten concentraties en daarmee dat vanwege na-ijling de effecten van reeds genomen maatregelen nog niet zichtbaar zijn.

1.3 Doel

Het doel is een modelmatige verkenning van maatregelen die voor de 34 grondwaterbeschermingsgebieden tot doelbereik in het landbouwareaal zal leiden. Voor de nadere duiding van de oorzaken van het op basis van metingen geformuleerde doelgat wordt een aanvullende analyse van modelberekeningen uitgevoerd ten aanzien van na-ijlingseffecten van droogte.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een aantal karakteristieken van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden die relevant zijn voor de schematisering van rekeneenheden in de simulatiemodellen. De modelaanpak en de modelaannames worden besproken in hoofdstuk 3, waarin ook de berekende nitraatconcentraties voor de uitgangssituatie en de concentraties bij een stikstofbodemoverschot van 0 kg/ha worden gepresenteerd. In respectievelijk hoofdstuk 4, hoofdstuk 5 en hoofdstuk 6 worden de resultaten van de berekeningen voor 'Aanpassing bouwplannen', 'Aanvullende management maatregelen' en 'Omzetting naar biologisch bedrijfssysteem' gepresenteerd. Effecten van de maatregelen op de nitraatconcentraties gemiddeld voor het gehele areaal van grondwaterbeschermingsgebieden worden beschreven in hoofdstuk 7. De aanpak en de resultaten worden bediscussieerd in hoofdstuk 8. Hoofdstuk 9 ten slotte geeft de conclusies weer.

2 Eigenschappen van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden

2.1 Gewasoppervlakten

Een overzicht van het agrarisch landgebruik in de 34 grondwaterbeschermingsgebieden (RIVM, 2022)[4] is gemaakt met de Basisregistratie Gewaspercelen van 2019, 2020, 2021 en 2022 in onderstaande tabel. Het totaal betreft het hele grondwaterbeschermingsgebied, inclusief bebouwing, wegen en natuur. De huidige modelstudie heeft alleen betrekking op het agrarische deel binnen de grondwaterbeschermingsgebieden.

Tabel 2.1 *Totaal oppervlakte en oppervlakten (ha) grasland, maisland en overig bouwland (OvBl) in de grondwaterbeschermingsgebieden.*

Grondwater-beschermings-gebied	Totaal	Landbouw											
		2019			2020			2021			2022		
		OvBl	Gras	Mais	OvBl	Gras	Mais	OvBl	Gras	Mais	OvBl	Gras	Mais
't Klooster	863	41	249	118	50	250	105	40	250	112	66	233	108
Archemerberg	702	26	50	64	35	53	55	34	53	55	37	53	48
Beegden	536	203	68	24	198	67	24	189	74	27	211	55	18
Bergen	711	79	35	6	69	60	17	84	65	8	88	62	9
Bergen op Zoom	651	3	55	16	3	61	10	3	61	10	3	60	11
Breehei	1219	508	161	74	507	155	79	512	155	64	498	151	87
Craubeek	538	302	91	59	303	75	63	305	91	57	306	91	46
De Dommel	1656	495	474	149	518	442	154	490	427	180	509	410	187
De Tombe	936	335	191	86	356	184	60	364	195	51	345	204	72
Dinxperlo	227	28	115	10	16	123	19	26	124	6	25	108	15
Gasselte	844	157	155	14	171	128	27	196	108	25	248	50	15
Gilze	165	35	28	36	38	37	23	25	46	27	23	43	32
Gilzerbaan	2760	254	443	230	253	441	233	230	505	229	253	480	226
Grubbenvorst	584	214	62	25	204	69	35	222	50	37	230	66	13
Haarlo	292	7	138	58	19	141	43	9	152	41	15	142	44
Havelterberg	1299	150	245	105	136	261	102	138	266	103	143	244	117
Heel	1384	276	149	42	280	145	41	289	156	17	277	152	27
Heer-Vroendaal	2386	856	482	191	864	478	191	886	454	189	882	397	237
Helvoirt	192	43	15	1	33	18	8	21	24	14	33	23	0
Herikerberg	649	1	173	66	0	172	68	3	174	61	0	168	70
Hoge Hexel	565	9	209	97	38	196	83	23	211	81	32	198	83
Holten	485	9	90	47	4	97	43	5	104	39	8	103	37
IJzeren Kuilen	1293	411	231	65	421	208	68	421	205	79	429	207	66
Leggeloo	121	32	45	15	17	57	20	18	56	20	14	52	23
Manderveen	909	52	363	141	47	341	149	53	336	142	56	333	150
Mookerheide	394	15	78	3	15	76	4	15	74	4	11	71	4
Nuland	750	42	45	104	42	47	102	25	41	120	67	37	82
Olden Eibergen	557	27	248	129	58	235	113	32	249	124	30	244	128
Roodborn	1768	735	471	174	728	465	179	740	489	157	765	476	139
Roosendaal	544	73	165	49	71	168	50	69	163	49	88	158	37
Valtherbos	2500	1002	298	120	973	359	112	957	347	104	959	335	107
Vessem	1880	332	233	219	288	259	234	329	276	176	335	265	176
Waalwijk	1017	18	135	2	18	139	4	17	143	5	17	140	5
Waterval	666	162	176	32	178	169	23	173	161	34	172	145	34
Wierden	1073	30	452	161	40	444	153	67	458	131	61	423	165

[4] https://www.atlasleefomgeving.nl/grondwaterbeschermingskaart-rondom-bronnen-voor-drinkwater https://data.rivm.nl/geo/alo/wfs?request=GetFeature&service=WFS&typeName=rivm_20220701_gwb2022&outputFormat=SHAPE-ZIP

Het totaaloppervlak aan grasland en bouwlandpercelen in de grondwaterbeschermingsgebieden bedraagt volgens de kaart van Basis Registratiepercelen ongeveer 16300 ha. Dit is ongeveer de helft van het totale oppervlak van de grondwaterbeschermingsgebieden. Van de 16300 ha is ongeveer 60% grasland en 40% bouwland. De veranderingen in de oppervlakten over de tijd zijn gering in de periode 2019-2022.

Tussen de grondwaterbeschermingsgebieden kan het oppervlaktepercentage aan landbouwgrond variëren: in de gebieden van Bergen op Zoom en Waalwijk bedraagt het percentage minder dan 20 en in het gebied van Craubeek bedraagt het percentage meer dan 80 (Tabel 2.2). Om de gebieden te karakteriseren, is in Tabel 2.2 het kenmerk 'Belangrijkste sector' toegevoegd. Gebieden waarin het aandeel grasland + maisland meer dan 75% is, krijgen het kenmerk MVH (melkveehouderij) en gebieden waarin het aandeel grasland + maisland minder dan 50% is, krijgen het kenmerk AT (akker- en tuinbouw). De overige gebieden nemen een tussenpositie in.

Tabel 2.2 *Oppervlakte landbouw als percentage van het totaaloppervlak en het aandeel van gras+mais in het oppervlak aan landbouwpercelen, gemiddeld over de periode 2019-2022.*

Grondwaterbeschermingsgebied	Aandeel landbouw in totaalareaal	Aandeel gras+mais in landbouwareaal	Belangrijkste sector
't Klooster	47%	88%	MVH
Archemerberg	20%	77%	MVH
Beegden	54%	31%	AT
Bergen	20%	45%	AT
Bergen op Zoom	11%	96%	MVH
Breehei	61%	31%	AT
Craubeek	83%	32%	AT
De Dommel	67%	55%	-
De Tombe	65%	43%	AT
Dinxperlo	68%	85%	MVH
Gasselte	38%	40%	AT
Gilze	60%	69%	-
Gilzerbaan	34%	74%	MVH
Grubbenvorst	53%	29%	AT
Haarlo	69%	94%	MVH
Havelterberg	39%	72%	-
Heel	33%	39%	AT
Heer-Vroendaal	64%	43%	AT
Helvoirt	30%	44%	AT
Herikerberg	37%	100%	MVH
Hoge Hexel	56%	92%	MVH
Holten	30%	96%	MVH
IJzeren Kuilen	54%	40%	AT
Leggeloo	76%	78%	MVH
Manderveen	59%	90%	MVH
Mookerheide	23%	85%	MVH
Nuland	25%	77%	MVH
Olden Eibergen	73%	91%	MVH
Roodborn	78%	46%	AT
Roosendaal	52%	74%	-
Valtherbos	57%	31%	AT
Vessem	42%	59%	-
Waalwijk	16%	89%	MVH
Waterval	55%	53%	-
Wierden	60%	92%	MVH

Verder is te zien dat binnen het landbouwareaal er duidelijke verschillen zijn in gebieden met overheersend Overig bouwland (Beegden, Craubeek, Grubbenvorst, Valtherbos, Gasselte) en gebieden met overheersend melkveehouderij ('t Klooster, Bergen op Zoom, Dinxperlo, Haarlo, Herikerberg, Hoge Hexel, Holten,

Manderveen, Mookerheide, Olden Eibergen, Waalwijk, Wierden). Vanwege de areaalverhouding is het te verwachten dat in gebieden met overheersend 'overig bouwland', maatregelen in de melkveehouderij relatief een gering effect zullen hebben op landbouwgemiddelde concentraties in de gebieden en in gebieden met overheersend melkveehouderij, zullen maatregelen in de akker- en tuinbouw een gering effect hebben op landbouwgemiddelde concentraties in de gebieden.

Uit een analyse van de gegevens van de Basis Registratiepercelen van 2019, 2020, 2021 en 2022 blijkt dat van de gras- en maispercelen in de 34 grondwaterbeschermingsgebieden een substantieel deel als langjarig gras (3 of 4 jaar in de beschouwde reeks) of langjarig mais (3 of 4 jaar achtereen) wordt geteeld.

2.2 Bodems en grondwaterstanden

In de modelstudie worden rekenmodellen toegepast waarin gegevens van de gewassen, de bodems en het grondwaterstandverloop worden gebruikt. Voor de modelstudie is een aantal combinaties van gewas-, bodem- en grondwatersituaties gedefinieerd die met elkaar de variatie in omstandigheden beschrijven. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 3.1. Bodems en de grondwaterstanden verschillen per gebied en ook binnen gebieden en zijn belangrijke eigenschappen om verschillen in nitraatconcentraties te kunnen begrijpen.

De bodemkenmerken zijn per perceel afgeleid van bodemkaart. Omdat voor het agro-hydrologisch model SWAP (zie paragraaf 3.2; Kroes et al., 2017; Heinen et al., 2024) de bodemgegevens ontleend zijn aan rekeneenheden van het landelijke STONE-model (Kroon et al., 2000), is gebruikgemaakt van de zogenaamde PAWN-bodemkaart (Kroon, 2001). Deze kaart geeft informatie over de bodem-fysische gelaagdheid in het bodemprofiel tot ca. 1.20 m diepte. Er worden 23 verschillende eenheden onderscheiden. Elke eenheid representeert een bodemprofiel met een specifieke gelaagdheid. Aan de afzonderlijke bodemlagen worden bodemfysische kenmerken uit de Staringreeks gekoppeld (Wösten et al, 1988). De ligging van deze eenheden is afgeleid van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Tabel 2.3 geeft per grondwaterbeschermingsgebied de procentuele verdeling weer van de oppervlakten aan landbouwpercelen in een (groep van) bepaalde bodemeenheid of bodemeenheden.

Tabel 2.3 *Bodemkundige karakterisering van de landbouwpercelen in de grondwaterbeschermingsgebieden.*

Grondwater-beschermingsgebied	Koopveen op zand	Stuifzand	Groep podzol-gronden	Enkeerd	Beekeerd	Löss
Archemerberg				96%		
Beegden			23%	42%		
Bergen			85%			
Bergen op Zoom		35%	26%	32%		
Breehei			43%	28%		
Craubeek						100%
De Dommel						99%
De Tombe						99%
Dinxperlo			42%	35%	24%	
Gasselte			99%			
Gilze			80%			
Gilzerbaan			53%	26%		
Grubbenvorst				57%		
Haarlo			57%		33%	
Havelterberg			44%	35%		
Heel				47%	31%	
Heer-Vroendaal						99%
Helvoirt			100%			
Herikerberg				78%		
Hoge Hexel			73%			
Holten			57%			
IJzeren Kuilen						94%
Leggeloo				52%		
Manderveen			64%	21%		

Grondwater-beschermingsgebied	Koopveen op zand	Stuifzand	Groep podzol-gronden	Enkeerd	Beekeerd	Löss
Mookerheide				29%		35%
Nuland			55%			
Olden Eibergen			49%		30%	
Roodborn						86%
Roosendaal			36%	59%		
't Klooster			72%			
Valtherbos	23%		34%			
Vessem			45%	34%		
Waalwijk		32%	25%	35%		
Waterval						92%
Wierden			41%	22%	22%	

Voor het bepalen van grondwaterstandskenmerken is gebruikgemaakt van de resultaten van het grondwaterspiegeldieptemodel (WDM) zoals dat op de website van de Basisregistratie Ondergrond te vinden is.[5] Met deze kaart is een overlay gemaakt met de Basisregistratie Gewaspercelenkaart van 2022 en is per grondwaterbeschermingsgebied een verdeling gemaakt van klassen van grondwatertrappen[6] van het areaal aan landbouwpercelen. Als we alle voorkomende grondwatertrappen afzonderlijk in het model zouden brengen, zou dit tot een erg groot aantal rekeneenheden leiden. Daarbij komt dat de grondwatertrappen met ondiepe grondwaterstanden betrekkelijk weinig voorkomen in de grondwaterbeschermingsgebieden. Daarom zijn – in navolging van eerdere studies naar nitraatuitspoeling – de grondwatertrappen I tot en met V* geclusterd (ondiepe grondwaterstand) en zijn de grondwatertrappen VI (matig diep), VII (diep) en VIII (zeer diep) afzonderlijk genomen. Grondwatertrappen V en V* komen bijna niet voor.

In de meeste grondwaterbeschermingsgebieden zijn de landbouwpercelen voor het merendeel gelegen op de zeer droge gronden. Alleen in de gebieden van Haarlo, Helvoirt, Hoge Hexel, Nuland, Roosendaal en Waalwijk heeft meer dan 50% van het landbouwareaal een grondwatertrap lager dan VI (I tot en met V*).

Tabel 2.4 *Karakterisering grondwaterspiegeldiepten van de landbouwpercelen in de grondwaterbeschermingsgebieden.*

Grondwaterbeschermingsgebied	lager dan Gt VI	Gt VI	Gt VII	Gt VIII
Archemerberg				100%
Beegden	44%			56%
Bergen	8%			92%
Bergen op Zoom	23%			77%
Breehei	35%		4%	61%
Craubeek				100%
De Dommel				100%
De Tombe				100%
Dinxperlo	14%		1%	85%
Gasselte	46%			54%
Gilze	39%	1%	1%	60%
Gilzerbaan	35%		3%	61%
Grubbenvorst	26%			74%
Haarlo	82%	1%	4%	13%
Havelterberg	26%			74%
Heel	25%			75%
Heer-Vroendaal				100%
Helvoirt	100%			
Herikerberg	8%			92%
Hoge Hexel	57%		1%	42%

[5] https://basisregistratieondergrond.nl/inhoud-bro/registratieobjecten/modellen/model-grondwaterspiegeldiepte-wdm/

[6] Een grondwatertrap geeft een indicatie van de grondwaterstand en de fluctuatie hiervan. De trappen zijn gedefinieerd op basis van de *gemiddeld hoogste grondwaterstand* en *gemiddeld laagste grondwaterstand*. over een langere periode. Grondwatertrappen worden aangegeven met Romeinse cijfers. Een hoger getal duidt erop dat het grondwater overwegend dieper onder maaiveld staat.

Grondwaterbeschermingsgebied	lager dan Gt VI	Gt VI	Gt VII	Gt VIII
Holten	13%			87%
IJzeren Kuilen				100%
Leggeloo	54%		1%	45%
Manderveen	32%			68%
Mookerheide	26%		4%	70%
Nuland	70%		1%	29%
Olden Eibergen	40%	1%	16%	43%
Roodborn	1%			99%
Roosendaal	96%	2%	2%	
't Klooster	19%			81%
Valtherbos	9%	13%	15%	63%
Vessem	30%			70%
Waalwijk	92%	1%		7%
Waterval	6%			94%
Wierden	35%		1%	64%

2.3 Gemeten nitraatconcentraties

Het doelgat van de nitraatconcentratie is de mate waarin metingen de waarde van 50 mg/L overschrijden. Met het doelbereik wordt aangegeven in welke mate de nitraatconcentratie lager of gelijk is aan 50 mg/L. In het kader van de bestuursovereenkomst zijn in de vijf provincies monitoringscampagnes uitgevoerd in een aantal periodes. Het betreft de meest gevoelige grondwaterbeschermingsgebieden: een selectie van grondwaterbeschermingsgebieden waar een overschrijding van nitraatconcentraties verwacht wordt.

Per provincie is bijna dezelfde meetstrategie gevolgd: er is steekproef op basis van gelote locaties uitgevoerd, bemonsterd volgens de LMM-methode en er is gerapporteerd over het agrarische gebied binnen het grondwaterbeschermingsgebied, meestal zonder onderscheid in melkveehouderij en akkerbouw. In alle gebieden is het gemiddelde meetresultaat (gemiddeld over meetpunten binnen beschermingsgebied en gemiddeld over beschikbare meetrondes) gebaseerd op de deelnemers: de landgebruikers die toestemming gaven voor de bemonstering (Van Loon, 2023).

In grote lijnen is dezelfde strategie gevolgd, maar toch zijn er enkele verschillen:
- het aantal perioden waarin metingen zijn uitgevoerd;
- het aantal meetpunten;
- de periode van het jaar waarin metingen zijn uitgevoerd;
- de wijze waarop meetresultaten statistisch zijn verwerkt in de provinciale rapporten;
- in het lössgebied is zowel 'ondiep' als 'diep' bemonsterd.

Tabel 2.5 bevat een samenvatting van de gerapporteerde nitraatconcentraties per provincie. De steekproefgebieden zijn soms samenvoegingen van grondwaterbeschermingsgebieden omdat ze naast elkaar liggen, zoals Haarlo en Olden Eibergen, en Gilzerbaan en Gilze. In enkele provincies zijn ook nitraatmetingen in bos en natuur gedaan, die zijn in Tabel 2.5 niet opgenomen.

Tabel 2.5 *Gerapporteerde gemiddelde nitraatconcentraties in grondwater of bodemvocht in landbouwpercelen in de grondwaterbeschermingsgebieden (data beschikbaar gesteld door provincies).*

Provincie	Grondwater-beschermingsgebied	Gerapporteerde gemiddelde en mediane nitraatconcentraties (mg/L)			
		Winter '19-'20	Winter '20-'21	Winter '21-'22	Winter '22-'23
Drenthe	Gasselte	100	135	98	93
	Havelterberg	91	126	120	115
	Leggeloo	48	38	15	13
	Valtherbos-Noordbargeres	66	79	66	84

Provincie	Grondwater-beschermingsgebied	Gerapporteerde gemiddelde en mediane nitraatconcentraties (mg/L)					
		voorjaar			najaar		
		Gemiddeld		Mediaan	Gemiddeld		Mediaan
Overijssel	Archemerberg	84		73	95		61
2020	Herikerberg	121		122	85		63
	Hoge Hexel	116		75	116		120
	Holten	129		67	111		100
	Manderveen	102		60	81		60
	Wierden	151		120	119		95
		1ste meetronde		2de meetronde	3de meetronde		4de meetronde
Gelderland	Dinxperlo	86		107	156		148
	Haarlo & Olden Eibergen	60		74	50		27
	't Klooster	67		72	66		38
		najaar 2019			2020		2021
		Landbouw	Akkerbouw	MVH	Landbouw		Landbouw
Noord-Brabant	Bergen op Zoom	103	151	100	121		124
	Gilzerbaan en Gilze	75	76	74	28		76
	Helvoirt	105	292	18	*39*		*56*
	Nuland	84	105	81	71		60
	Roosendaal	81	133	70	63		70
	Vessem	120	108	125	103		130
	Waalwijk	65	155	54	50		65
		10dec'19-29apr'20			7jan'20-15feb'20		
Limburg zand	Beegden	188			197		
	Bergen	164			84		
	Breehei	202			200		
	Grubbevorst	140			96		
	Heel	163			150		
	Mookerheide	124			58		
	gemiddeld landbouw	136			161		
	gemiddeld akkerbouw	192			178		
	gemiddeld MVH	131			109		
		10dec'10-29apr'20			23nov'20 – 15feb'21		
		Ondiep	Diep	Ondiep+diep	Ondiep	Diep	Ondiep+diep
Limburg löss	Craubeek en Roodborn	91	74	84	66	51	59
	De Dommel	77	47	66	63	46	55
	De Tombe	48	70	59	51	44	48
	Heer-Vroendaal	61	48	54	62	45	54
	IJzeren Kuilen	63	69	69	61	80	71
	Waterval	262	184	223	122	114	119
	gemiddeld bouwland	87	72	82	77	60	68
	gemiddeld grasland	73	58	64	41	43	42

In het gebied van Leggeloo (Drenthe) is de gemiddelde nitraatconcentratie over de meetronden lager dan 50 mg/L. In het ondiepe bodemwater van De Tombe bedraagt de gemiddelde concentratie ongeveer 50 mg/L. In zeven gebieden is de nitraatconcentratie hoger dan 50 mg/L, maar wordt dit niveau met niet meer dan 20 mg/L overschreden (Haarlo & Olden Eibergen, 't Klooster, Gilzerbaan en Gilze, Waalwijk, De Dommel, Heer-Vroendaal en IJzeren Kuilen). In 16 gebieden bedraagt de gemiddelde nitraatconcentratie meer dan 100 mg/L.

Resultaten van de vijfde meetronde in Drenthe voor de eerste maanden van 2024 zijn niet gebruikt, omdat voor de andere provincies dergelijke gegevens niet voorhanden zijn en een eventuele toevoeging van de gegevens van 2024 tot een oneigenlijke vergelijking met grondwaterbeschermingsgebieden in andere provincies zou leiden.

3 Modelaanpak en modelaannames

3.1 Schematisering van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden

Aan de hand van de informatie over gewasoppervlakten in de periode 2019-2022 (paragraaf 2.1), de bodems en de grondwatertrappen (paragraaf 2.2) is een schematisering opgesteld waarvoor modelinvoer kan worden afgeleid. Om het aantal rekeneenheden beperkt te houden, is uitgegaan van de meest voorkomende combinaties van bodemtypen en grondwatertrappen en is voor de uitgangssituatie gekozen voor de indeling van gewassen in continu (permanent) grasland, continu (permanent) maisteelt en een rotatie van akkerbouwgewassen op basis van de gewasarealen in de periode 2019-2022. In gebieden met een relatief grote variatie van bodemeigenschappen en grondwatertrappen zijn meer eenheden onderscheiden en in gebieden die min of meer uniform zijn qua bodemeigenschappen en grondwatertrappen is volstaan met één rekeneenheid per grondgebruiksvorm (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 *Aantal rekeneenheden in de schematisering van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden.*

Grondwaterbeschermingsgebied	Grasland	Maisland	Akker- en tuinbouw
Archemerberg	1	1	1
Beegden	3	3	3
Bergen	2	2	2
Bergen op Zoom	2	2	
Breehei	3		3
Craubeek	1	1	1
De Dommel	1	1	1
De Tombe	1	1	1
Dinxperlo	2	2	2
Gasselte	4		4
Gilze	3	3	3
Gilzerbaan	3	3	3
Grubbenvorst	2		2
Haarlo	1	1	1
Havelterberg	2	2	2
Heel	2	2	2
Heer-Vroendaal	1	1	1
Helvoirt	1		1
Herikerberg	1	1	
Hoge Hexel	3	3	3
Holten	3	3	
IJzeren Kuilen	1	1	1
Leggeloo	3	3	3
Manderveen	3	3	3
Mookerheide	2	2	2
Nuland	2	2	2
Olden Eibergen	4	4	4
Roodborn	1	1	1
Roosendaal	2	2	2
't Klooster	1	1	1
Valtherbos	4	4	4
Vessem	6	6	6
Waalwijk	3	3	
Waterval	1	1	1
Wierden	4	4	4

In totaal worden 218 rekeneenheden onderscheiden. Ondanks dit ruime aantal is de schematisering tot 218 rekeneenheden nog steeds een enorm sterke vereenvoudiging van het aantal combinaties van gewas, gewasrotatie, bodemtype en grondwatertrap. Voor een verkennende studie wordt het aantal rekencombinaties voldoende geacht. Echter, het risico bestaat dat door de wijze van schematiseren kleinere oppervlakken met een relatief grote invloed op gebiedsgemiddelde concentraties buiten beeld blijven. Als binnen gebieden meer in detail naar effecten voor gebiedsdelen zou worden gekeken, is een meer gedetailleerde schematisering gewenst.

De samenstelling van de gewassen binnen de categorie 'akker- en tuinbouw' verschilt per grondwaterbeschermingsgebied. Om de samenstelling modelmatig te kunnen benaderen, is nagegaan welke gewassen in de periode 2019-2022 het meest voorkomen en welke de grootste arealen hebben (Tabel 3.2). Teelten met een klein areaal worden dan meestal niet meegenomen in de schematisering, behalve als het aantal rekeneenheden in een grondwaterbeschermingsgebied klein is. De rotatie van akker- en tuinbouwgewassen is modelmatig beschreven met de gewassen in de laatste kolom van deze tabel, echter de rotatievolgorde wijkt af van de volgorde van de vermelde gewassen. Bj het vaststellen van de rotatievolgorde is zo veel mogelijk gestreefd naar een afwisseling van graan- en rooigewassen. Bij rotaties in een aantal gebieden met een klein areaal akker- en tuinbouwgewassen moet bedacht worden dat de percelen onderdeel uitmaken van bedrijven die vaak buiten de grondwaterbeschermingsgebieden ook percelen hebben liggen.

Tabel 3.2 *Voorkomende gewassen in de modelschematisering in de melkveehouderijsector en de akker- en tuinbouwsector per grondwaterbeschermingsgebied.*

Grondwater-beschermingsgebied	Voorkomende gewassen melkveehouderij		Gewassen akker- en tuinbouw in de modelschematisering
Archemerberg	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, zomergerst, korrelmais
Beegden	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbieten, zomergerst, wintertarwe, korrelmais
Bergen	Natuurlijk grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, zomergerst, rogge, lelies
Bergen op Zoom	Grasland	Snijmais	
Breehei	Grasland		Aardappelconsumptie, suikerbieten, zomergerst, lelie, groenten
Craubeek	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbieten, wintertarwe, gele zaaiui
De Dommel	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbieten, wintertarwe, wintergerst
De Tombe	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbieten, wintertarwe, luzerne
Dinxperlo	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, korrelmais, zomergerst
Gasselte	Grasland		Aardappelzetmeel, suikerbieten, zomergerst, zaaiui
Gilze	Grasland	Snijmais	korrelmais, suikerbiet, zomergerst
Gilzerbaan	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbieten, wintertarwe, groenten
Grubbenvorst	Grasland		Aardappelconsumptie, suikerbieten, wintertarwe, zomergerst
Haarlo	Grasland	Snijmais	pootaardappelen, zomergerst, mais
Havelterberg	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbieten, wintertarwe, zomergerst, lelie
Heel	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, zomergerst, groenten
Heer-Vroendaal	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbieten, wintergerst, wintertarwe, luzerne
Helvoirt	Grasland		Aardappelconsumptie, rogge
Herikerberg	Grasland	Snijmais	
Hoge Hexel	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, zomergerst, snijmais
Holten	Grasland	Snijmais	
IJzeren Kuilen	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbieten, wintertarwe, groenten
Leggeloo	Grasland	Snijmais	wintertarwe, zetmeelaardappelen, snijmais
Manderveen	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, rogge
Mookerheide	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbiet, zomergerst
Nuland	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbiet, zomergerst
Olden Eibergen	Grasland	Snijmais	pootaardappelen, zomergerst, mais
Roodborn	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbieten, wintergerst, wintertarwe
Roosendaal	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbiet
't Klooster	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, wintertarwe, zomergerst, korrelmais, lelies
Valtherbos	Grasland	Snijmais	Aardappelzetmeel, suikerbiet, zomergerst, zomertarwe
Vessem	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbiet, zaaiui
Waalwijk	Grasland	Snijmais	
Waterval	Grasland	Snijmais	Aardappelconsumptie, suikerbieten, wintergerst, wintertarwe
Wierden	Grasland	Snijmais	pootaardappelen, aardappelconsumptie, zetmeelaardappelen, lelie

In de grondwaterbeschermingsgebieden met licht gedrukte letters is het areaal akker- en tuinbouw kleiner dan 25 ha.
Na de teelt van snijmais wordt een vanggewas geteeld.
Voorafgaand aan wintergraan wordt geen vanggewas geteeld.

Voor alle rekeneenheden is een corresponderende plot gezocht in zowel de schematisering van het STONE-model (Kroon et al., 2001; Groenendijk et al., 2013) als in de schematisering van het LWKM-model (Landelijk Waterkwaliteitsmodel; Van der Bolt et al., 2022). Voor scenario's met een gewijzigde rotatie is een aanpassing van de hydrologische simulatie nodig en een dergelijke wijziging kan goed worden opgelegd aan het SWAP-model (Kroes et al., 2017), dat een onderdeel is van het STONE-model. In het Landelijke Waterkwaliteitsmodel wordt de hydrologie berekend met het LHM[7], een toepassing van en MetaSWAP (Van Walsum en Groenendijk, 2008; Van Walsum en Veldhuizen, 2011). Dit model heeft nog niet de mogelijkheid om de waterbeweging in de onverzadigde zone van een gewijzigde rotatie te simuleren.

3.2 Maatregelen

In de beginfase van het onderzoeksproject is in samenspraak met de begeleidingsgroep en vertegenwoordigers van de opdrachtgever een lijst met mogelijke maatregelen opgesteld waarvan verwacht wordt dat ze leiden tot een vermindering van de nitraatuitspoeling. Het uitgangspunt hierbij was dat het gaat om typen maatregelen die inzicht geven in de sturingsmogelijkheden voor een agrariër en sturingsmogelijkheden vanuit het mestbeleid voor het verlagen van de nitraatconcentratie. Het hoefde daarbij niet te gaan om een gedetailleerde beschrijving van maatregelen, omdat dit heel specifieke informatie van bedrijven zou vergen en omdat de rekenmodellen niet ingericht zijn voor het rekenen aan heel specifieke bedrijfsomstandigheden. De hieronder beschreven maatregelen zijn als 'randen van het speelveld' te beschouwen bij de zoektocht naar aanvullende maatregelen om het doelgat te overbruggen, afhankelijk van de kenmerken van de verschillende gebieden.

In de opgestelde lijst zijn vier typen maatregelen gedefinieerd:

1. Aanpassing gebruiksnormen:
   a. een korting van 20% op de N-gebruiksnorm;
   b. een korting van 33% op de N-gebruiksnorm, ongeacht het gewas. Als referentie wordt een situatie beschouwd met de N-gebruiksnormen van het 7e Actieprogramma en gebruik van dierlijke mest van maximaal 170 kg N/ha.
2. Aanpassing gewassen:
   a. Aanpassing gewassen op melkveehouderijbedrijven: 1) een rotatie waarin drie jaar grasland wordt gevolgd door drie jaar snijmais met een vanggewas, waarbij in het eerste jaar snijmais geen mestgift wordt gegeven en het tweede jaar snijmais een deel van de volgens de gebruiksnorm toegestane mestgift; 2) vervanging van snijmais door grasland.
   b. Aanpassing gewassen op akker- en tuinbouwbedrijven. Hiervoor zijn vijf varianten gedefinieerd: 1) alle aardappelen worden vervangen door wintertarwe; 2) uitbreiding van de vruchtwisseling met een vezelgewas; 3) uitbreiding van de vruchtwisseling met een laag bemest vezelgewas; 4) de combinatie van 1 en 2; 5) de combinatie van 1 en 3.
3. Aanvullend management:
   a. Voor melkveehouderijbedrijven: 1) 100% maaien van grasland waarbij het melkvee permanent op stal staat; 2) beperking van najaarsbeweiding.
   b. Voor akkerbouwbedrijven zijn vier varianten doorgerekend: 1) toepassing rijenbemesting bij suikerbieten; 2) de maximale inzet van vanggewassen daar waar mogelijk; 3) de teelt van een nieuw minder stikstofbehoeftig aardappelras; en 4) recyclen van gewasresten van suikerbieten.
4. Biologisch bedrijfssysteem:
   a. Voor een melkveehouderijbedrijf wordt verondersteld dat 170 kg N/ha met dierlijke mest wordt toegediend aan gras/klaver. De klaver bindt stikstof uit de lucht.
   b. Voor een akkerbouwbedrijf wordt een vruchtwisseling van consumptieaardappelen, wintertarwe, uien en luzerne verondersteld. De luzerne bindt stikstof uit de lucht.

   Dit zijn heel grove benaderingen om een eerste indruk te krijgen van de effectiviteit van maatregelen. Een precieze definitie van een biologisch bedrijfssysteem in termen van dierhouderij, bodem, bemesting en gewassen is een studie op zich.

[7] https://nhi.nu/modellen/lhm/

De maatregelen zijn gebaseerd op de bekende scenario's voor generiek beleid en vragen vanuit de begeleidingsgroep van dit onderzoek. Bepaalde maatregelen zijn niet meegenomen, zoals toepassing van *controlled release* meststoffen, die mogelijk kunnen leiden tot meer efficiënt gebruik van minerale stikstof zonder verlies van opbrengst, het verminderen van N-bemesting op bodems met een hoge stikstofmineralisatie, bodemverbetering, gewassen met een lager watergebruik of meer irrigatie. Degelijke ideeën zijn o.a. in demonstratieprojecten van BO-nitraat (Waterwijs Boeren, Boeren voor Drinkwater, BodemUP etc.) uitgeprobeerd. Bovenstaande opties zouden passen bij het onderstaande scenario met aangepaste gebruiksnormen, maar waarbij de gewasopbrengsten niet of weinig dalen. Dergelijke maatregelen zijn niet meegenomen, omdat ze nog niet heel bekend zijn of omdat data ontbreken. In het nationaal beleid wordt op lange termijn een grondwaterstandverhoging beoogd (NPLG, 2022), die zou o.a. tot een verhoging van de denitrificatie kunnen leiden en daarmee tot lagere nitraatconcentraties. Waterhuishoudkundige maatregelen zijn niet meegenomen, omdat ze in de grondwaterbeschermingsgebieden niet tot sturingsmogelijkheden van agrariërs behoren en ze ook niet vanuit het mestbeleid worden gestuurd.

3.3 Toegepaste rekenmodellen

In deze modelstudie zijn drie modellen achter elkaar toegepast met ieder hun eigen functionaliteit, om nitraatconcentraties in het bovenste grondwater, of bodemvocht, te voorspellen voor de periode 2019-2021 en de effecten van maatregelen in de periode 2028-2033. Deze drie modellen zijn ook opgenomen in het STONE-model (Kroon et al., 2001; Groenendijk et al., 2013) en het Landelijke Waterkwaliteitsmodel (Van der Bolt et al., 2022) dat het STONE-model vervangt. De drie modellen zijn (zie ook Bijlage 1):

1. Het SWAP-model voor de simulatie van de waterbeweging en vochtgehalten in de wortelzone, de onverzadigde zone en het bovenste grondwater onder invloed van neerslag, verdamping, gewasgroei, peilbeheer op perceelschaal en de interactie met grondwater.
2. De QUAMOD- en MEBOT-rekenmodule (Ten Berge et al., 2000; De Ruiter en Conijn, 2010; Schreuder et al., 2008) voor de berekening van nutriëntenopname door gewassen en de hoeveelheid gewasresten tijdens en na de groeiperiode.
3. Het ANIMO-model (Groenendijk et al., 2005) voor de simulatie van de organischestofkringloop, de stikstofkringloop en de fosforkringloop in de bodem, de uitspoeling van nitraat en de uit- en afspoeling van stikstof en fosforcomponenten naar het oppervlaktewater.

Voor verschillende maatregelen zijn verschillende modellen of combinaties van modellen toegepast (Tabel 3.3). Enerzijds is gepoogd om wat betreft methodiek en gegevens zo goed mogelijk bij het model voor landelijke beleidsanalyses aan te sluiten (Landelijk Waterkwaliteitsmodel) en anderzijds de maatregelen zo concreet mogelijk te benaderen. In het Landelijk Waterkwaliteitsmodel bestaat een rekeneenheid met akkerbouw uit de samenstelling van verschillende gewassen, die tezamen een regionaal gemiddeld bouwplan representeren. Met een dergelijke benadering is het goed mogelijk om effecten van veranderde mestgiften te berekenen. Echter deze benadering doet geen recht aan de samenstelling van verschillende gewassen binnen een bepaald grondwaterbeschermingsgebied. Bij het berekenen van effecten van maatregelen in de gewasrotatie en aanvullende maatregelen is het beter om uit te gaan van de gewassen die in de verschillende gebieden voorkomen dan om een regionaal bouwplan te hanteren. Effecten van een verandering in de rotatie zijn daarom berekend met een perceelmodel, samengesteld uit SWAP, QUADMOD/MEBOT en ANIMO, waarbij de eigenschappen van een modelperceel direct zijn afgeleid van de gewas-, bodem- en grondwatertrapkenmerken van het grondwaterbeschermingsgebied.

Tabel 3.3 *Toegepaste rekenmodellen en modelinvoer per type maatregel.*

Type maatregel	Toegepaste rekenmodellen en modelinvoer
Verlaging gebruiksnormen	SWAP/QUADMOD/MEBOT/ANIMO toegepast op de schematisering van 218 rekeneenheden, gewassamenstelling en mestinvoer tot en met 2021 uit het Landelijk Waterkwaliteitsmodel, daarna maximaal 170 kg/ha stikstof in dierlijke mest en aangescherpte N-gebruiksnormen.
Nul-stikstofoverschot op bodembalans	Rekeneenheden van het Landelijk Waterkwaliteitsmodel, gekoppeld aan landbouwpercelen in de grondwaterbeschermingsgebieden. Gebiedsgemiddelde resultaten berekend met de resultaten van een gevoeligheidsanalyse van het Landelijk Waterkwaliteitsmodel en de perceelsarealen in de grondwaterbeschermingsgebieden.
Aanpassing bouwplannen	SWAP/QUADMOD/MEBOT/ANIMO toegepast op de schematisering van 218 rekeneenheden, gewassamenstelling en mestinvoer, specifiek voor gewassen volgens geschematiseerde rotatie en gebruiksnormen van 2022.
Aanvullende managementmaatregelen	SWAP/QUADMOD/MEBOT/ANIMO toegepast op de schematisering van 218 rekeneenheden, gewassamenstelling en mestinvoer, specifiek voor gewassen volgens geschematiseerde rotatie en gebruiksnormen van 2022. Aanvullende scripts voor het specificeren van nutriëntenopname en resten van vanggewassen.
Omzetting naar biologisch bedrijfssysteem	SWAP/QUADMOD/MEBOT/ANIMO toegepast op de schematisering van 218 rekeneenheden, gewassamenstelling en mestinvoer, specifiek voor gewassen volgens geschematiseerde rotatie en gebruiksnormen van 2022. Aanvullend script voor specificeren van stikstofbinding door klaver.

3.4 Implementatie van de maatregelen in de modellen

Om inzicht te krijgen in effecten van maatregelen zijn effecten van een viertal typen maatregelen berekend (paragraaf 3.1).

1. Aanpassing gebruiksnormen
Met de maatregel 'Aanpassing mestgebruiksnormen' wordt een vermindering van het stikstofbodemoverschot bewerkstelligd. Omdat bij een lager bemestingsniveau de gewassen doorgaans ook een lager productieniveau hebben, neemt het stikstofbodemoverschot minder af dan de verlaging van de mestgift. In deze simulaties wordt uitgegaan van resultaten van hydrologische berekeningen zoals deze als modelinvoer dienen voor het LWKM-model. Grasland en snijmais worden als continue teelten beschouwd en voor andere akkerbouwgewassen wordt uitgegaan van een regionaal gemiddeld bouwplan, evenals van de gewasrotatie en de daarvoor berekende mestgiften. De mestgiften zijn afgeleid van de modelinvoer voor het Landelijke Waterkwaliteitsmodel zoals dat is toegepast in de studie naar de effecten van Afbouw derogatie (Groenendijk et al., 2023).

Voor de periode tot 2021 zijn de mestgiften overgenomen van de berekende mestgiften voor de Emissieregistratie 2023.[8] Na 2021 is de bemesting geprognosticeerd volgens aannames in KEV2021 (PBL, 2021), met een afbouwpad tot en met 2030. Daarna is de bemesting constant verondersteld. In de toekomst vindt geen overbemesting plaats en worden percelen maximaal bemest tot aan gebruiksnorm. In de praktijk kan op een bedrijf binnen de gebruiksruimte 'herverdeling' van mest over gewassen plaatsvinden, echter dit wordt niet meegenomen in de berekeningen. Voor dit scenario is een referentie gedefinieerd waarin vanaf 2022 maximaal 170 kg/ha stikstof met dierlijke mest wordt toegepast en de totale stikstofgift is afgestemd op de gebruiksnormen van het 7e Actieprogramma in de jaren tot en met 2023. Verder gelden de gebruiksvoorschriften van het 7e Actieprogramma ten aanzien van uitrijtijdstippen en de datums van oogsten en inzaaien van een vanggewas.

In de variant 'Korting gebruiksnorm 20%' zijn – uitgaande van de referentie – de mestgiften met 20% verminderd. Hierbij wordt nog steeds 170 kg/ha stikstof met dierlijke mest gegeven en zijn de kunstmestgiften zodanig verlaagd dat de totale gift aan werkzame stikstof met 20% vermindert. Deze korting is opgelegd vanaf 2025. Voor 2024 is een korting van 10% verondersteld.

[8] https://www.emissieregistratie.nl/data/data-export

De variant 'Korting gebruiksnorm 33%' is op dezelfde wijze geformuleerd als de variant 'Korting gebruiksnorm 20%', maar nu zijn de kunstmestgiften zodanig verlaagd dat de totale gift aan werkzame stikstof met 33% vermindert. Deze korting is opgelegd vanaf 2025. Voor 2024 is een korting van 10% verondersteld.

2. Aanpassing gewassen op een bedrijf
Bij dit type maatregelen vindt een aanpassing van de bouwplannen in de grondwaterbeschermingsgebieden plaats, waarbij vooral de gewassen worden geweerd die relatief veel bijdragen aan de nitraatuitspoeling. Voor melkveehouderijbedrijven zou dit kunnen betekenen dat binnen grondwaterbeschermingsgebieden geen snijmais meer wordt geteeld. Hierbij wordt opgemerkt dat hoge gemeten nitraatconcentraties onder snijmais (RIVM, 2018) mede een gevolg zouden kunnen zijn van relatief hoge mestgiften in het verleden. Agrariërs hebben de mogelijkheid om de gebruiksruimte van een bedrijf naar eigen inzicht te benutten. Bij een bemesting van snijmais op zand- en lössgrond volgens stikstofgebruiksnormen zijn de stikstofbodemoverschotten meestal niet hoger dan 50 kg/ha en kan de nitraatuitspoeling in dezelfde range liggen als de uitspoeling onder grasland. Voor akkerbouwbedrijven zou kunnen gelden dat geen aardappelcultivar met een hoog N-bodemoverschot wordt geteeld. Het vruchtwisselingsplan wordt verruimd, onder andere door de teelt van een vezelgewas als een extra gewas binnen het rotatieschema.

De maatregel is in deze studie bedoeld om inzicht te krijgen in de mate waarin de aanpassing van gewassen in een gebied bijdraagt aan de verlaging van de gemiddelde nitraatconcentratie in het landbouwdeel van een grondwaterbeschermingsgebied. De rotatie is in veel gevallen sterk geschematiseerd tot een rotatie waarin de belangrijkste gewassen in een grondwaterbeschermingsgebied vertegenwoordigd zijn en kan daarmee afwijken van een gangbare rotatie op een akkerbouwbedrijf. Het akkerbedrijf heeft vaak percelen binnen en buiten het grondwaterbeschermingsgebied. Voor een berekening van effecten van een meer genuanceerde aanpassing van een rotatieschema kan beter worden uitgegaan van de vruchtwisseling op een representatief bedrijf met een 'standaardrotatie', zoals gebruikt door onder andere Schröder et al. (2015).

Modelaanpak
De gewasrotaties worden gespecificeerd in de invoerbestanden van de drie toegepaste modellen. Hierbij is uitgegaan van het schema in Tabel 3.2. In een aantal grondwaterbeschermingsgebieden is het oppervlak akker- en tuinbouwgewassen kleiner dan 25 ha. Als gevolg hiervan zijn voor deze gebieden op basis van vier jaar perceelinformatie van de Basisregistratie Gewaspercelen soms onlogische rotaties afgeleid. In dergelijke situaties zijn rotaties soms aangevuld met zomergerst of zijn rotaties achterwege gelaten. Vanwege het bescheiden areaal, heeft dit slechts een geringe invloed op landbouwgemiddelde en gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties.

Omdat een ander gewasschema is verondersteld dan voor 'Aanpassing gebruiksnormen', dient voor de evaluatie van effecten van dit scenario ook een referentie te worden gedefinieerd. Voor de gebruiksnorm van dierlijke mest wordt uitgegaan van 170 kg/ha. Voor de melkveehouderij wordt uitgegaan van blijvend grasland en continue maisteelt. Het grasland wordt gebruikt voor een combinatie van maaien en beweiden. Na de teelt van snijmais wordt een vanggewas geteeld. Voor akker- en tuinbouwgewassen wordt een rotatieschema verondersteld met de in Tabel 3.2 vermelde gewassen. De mestgift per gewas is afgestemd op de gebruiksnorm per gewas.

Voor melkveehouderij bedrijven zijn twee varianten doorgerekend:
1. Rotatie drie jaar grasland gevolgd door drie jaar snijmais met een vanggewas, waarbij in het eerste jaar snijmais geen mestgift wordt gegeven en het tweede jaar snijmais een deel van de volgens de gebruiksnorm toegestane mestgift. De ondergewerkte graszode kan in de teelt van snijmais nog enkele jaren stikstof naleveren. In deze variant wordt ervan uitgegaan dat de helft van het oppervlak van een melkveebedrijf bestaat uit (blijvend) grasland en de andere helft uit de wisselbouw van drie jaar grasland + drie jaar maisland.
2. Vervanging van snijmais door grasland.

En voor akker- en tuinbouwbedrijven zijn vijf varianten doorgerekend:

1. Alle aardappelen (consumptie-, zetmeel- en poot-) worden vervangen door wintertarwe. Pootaardappelen komen slechts in enkele grondwaterbeschermingsgebieden voor (Haarlo, Olden Eibergen en Wierden) en hebben een geringer stikstofbodemoverschot dan consumptie- en zetmeelaardappelen en in de praktijk zou een dergelijke maatregel niet voor deze gebieden hoeven te gelden. De resultaten van deze variant zijn voor deze gebieden minder relevant.
2. Uitbreiding van de vruchtwisseling met een vezelgewas. In het model wordt na het (1e) aardappelgewas in de rotatie een vezelgewas tussengevoegd (hennep). Als er geen aardappelgewas in de vruchtwisseling voorkomt, wordt het vezelgewas aan het einde van het rotatieschema toegevoegd. Het vezelgewas krijgt een mestgift van 90 kg N/ha.
3. Als hierboven onder 2), waarbij aan het vezelgewas geen mest wordt toegediend.
4. Een combinatie van 1 en 2: alle aardappelen worden vervangen door wintertarwe en de vruchtwisseling wordt uitgebreid met een vezelgewas. Het vezelgewas krijgt 90 kg N/ha.
5. Een combinatie van 1 en 3: alle aardappelen worden vervangen door wintertarwe en de vruchtwisseling wordt uitgebreid met een vezelgewas. Het vezelgewas krijgt geen mestgift.

3. Aanvullend management

Bij dit type maatregelen worden aanvullende managementmaatregelen geëvalueerd die leiden tot een aanscherping van het nutriëntenmanagement. Deze maatregelen hoeven niet a priori te leiden tot een vermindering van het stikstofbodemoverschot, maar wel tot een daling van de nitraatuitspoeling. Het stikstofoverschot komt dan vrij in perioden en op plaatsen waar minder risico is op uitspoeling. Bij melkveehouderij kan worden gedacht aan een graslandgebruik met 100% maaien en geen beweiding of aan het stoppen van najaarsbeweiding. Bij akkerbouwbedrijven aan maatregelen zoals het recyclen van gewasresten (zie bijv. https://edepot.wur.nl/30120) en het toepassen van rijenbemesting en strokenteelt.

De referentie voor de evaluatie van effecten van dit scenario is gelijk aan 'Aanpassing gewassen op een bedrijf'.

Voor melkveehouderijbedrijven zijn twee aanvullende managementmaatregelen doorgerekend:

- Een variant met 100% maaien van grasland en geen toepassing van weidemest. Voor zand- en lössgronden geldt in een dergelijke situatie dat bij een gebruiksnorm van 320 kg N/ha een werkzame stikstof kan worden toegepast en dat een werkingscoëfficiënt geldt van 60% voor graasdiermest.
- Een variant waarin wordt afgezien van najaarsbeweiding. Dit is in het model ingebracht door na 1 augustus geen weidemest meer op de bodem te brengen en de jaarlijkse hoeveelheid weidemest met 30% te verminderen. Deze hoeveelheid van 30% wordt in het volgende voorjaar als extra runderdrijfmest gegeven. Voor gewasopname heeft het dan een hogere werking dan bij de weidemest die door weidend vee op het land gebracht wordt. De gebruiksnorm voor werkzame stikstof op zand- en lösspercelen is in een dergelijke situatie 250 kg N/ha en de forfaitaire werkingscoëfficiënt voor graasdiermest is dan 45%.

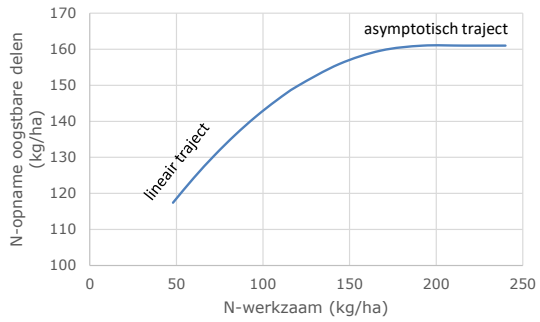
Voor akkerbouwbedrijven is een viertal maatregelen beschouwd:

- Rijenbemesting in rijgewassen. Voor mais zal het handboek *Bodem en bemesting*[9] worden bijgewerkt met de nieuwste inzichten. De aanvankelijke verplichting van het toepassen van rijenbemesting in snijmais op zand- en lössgrond in het 6e Actieprogramma is bij nader inzien achterwege gelaten, omdat in een systeemonderzoek (Klootwijk en Schooten, 2020) een kleiner effect werd gevonden dan eerst in proefveldonderzoek. Daarnaast geldt dat voor rijenbemesting zwaardere machines nodig zijn en daarmee het risico op bodemverdichting groter wordt. Kunstmestgiften als rijenbemesting wordt al in de referentie verondersteld en de werkzaamheid[10] van stikstofkunstmest neemt met een factor 1,25 toe. Verondersteld wordt dat in de uitgangssituatie met relatief lage mestgiften deze bemestingstechniek al wordt toegepast. Op basis van onderzoeksresultaten worden voor aardappel geen effect van rijenbemesting verwacht (Van Dijk, mondelinge mededeling). Hiervoor is geen berekening uitgevoerd.
  Voor suikerbiet veronderstellen we dat kunstmest als rijenbemesting zal worden toegepast en dat bij de toepassing van dierlijke mest niets verandert. De werkzaamheid van de stikstofkunstmest neemt door de toepassing van rijenbemesting met een factor 1,15 toe.

[9] https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/ingangen/handeling/bemesting/stikstof/stikstofrijenbemesting.htm

[10] Met werkzaamheid wordt hier de stikstofgebruiksefficiëntie van een gewas bedoeld voor de opname van stikstof uit de bodem. Voor het mestbeleid is de werkzaamheid van organische meststoffen wettelijk vastgelegd door middel van de werkingscoëfficiënt (w.c.) en deze varieert van 10 tot 80% ten opzichte van de werking van kunstmest. Deze werkingscoëfficiënten kunnen afwijken van de factoren die gebruikt worden voor de berekening van de hoeveelheid stikstof die vanuit een mestgift door het gewas wordt opgenomen.

- Een vanggewas wordt geteeld na alle akker- en tuinbouwteelten in de grondwaterbeschermingsgebieden, met uitzondering van suikerbieten, zetmeelaardappelen, lelie en voorafgaand aan wintergraan. Het tijdstip van het inzaaien van het vanggewas is afhankelijk van de oogstperiode van het voorafgaande hoofdgewas. Het gewas wordt eind maart ondergewerkt. De stikstofopname van het vanggewas varieert van 30 tot 60 kg N/ha en is afhankelijk van de zaaidatum en daarmee van de teelt van het voorafgaande gewas. Van het ondergewerkte vanggewas komt 60% van de stikstof ten goede aan stikstofopname van het volggewas. De bemestingswaarde van het ondergewerkte vanggewas kan op twee manieren worden verrekend in de bemesting en gewasopname van het volggewas:
  - De bemestingswaarde wordt opgeteld bij de bemestingswaarde van de toegepaste dierlijke mest en kunstmest. Voor gewassen met een stikstofgebruiksnorm die leidt tot een werkzame stikstofgift in het lineaire traject (zie Figuur 3.1) wordt dan een hogere N-opname van het volggewas berekend.



Figuur 3.1 *Schematische weergave van de relatie tussen de werkzame stikstofgift en de N-opname van oogstbare delen van een gewas.*

  - De bemestingswaarde wordt volgens het bemestingsadvies verrekend met de gift aan werkzame stikstof van het volggewas. Voor een aantal gewassen geldt dat de gebruiksnorm leidt tot een werkzame stikstofgift in het asymptotisch traject van de opnamecurve (Figuur 3.1). Een verhoging van de werkzame stikstofgift met het werkzame deel van resten van vanggewassen leidt dan niet tot een verhoogde gewasopname. Om die reden wordt geadviseerd om de bemestende waarde van vanggewassen te verrekenen met de mestgift op het volggewas.[11]
    In de modelanalyse zijn beide opties doorgerekend.
- Door veredeling komen nieuwe minder stikstofbehoeftige aardappelrassen beschikbaar (Tiemens-Hulscher et al., 2014). In gebieden waar aardappelen een belangrijk aandeel hebben in het bouwplan kan de introductie van dergelijke nieuwe rassen bijdragen aan de vermindering van nitraatconcentraties. De maatregel is in het model beschreven door uit te gaan van een gelijke gewasopname bij een verminderde mestgift. Voor het zuidelijke zand- en lössgebied is voor zowel consumptieaardappelen als zetmeelaardappelen uitgegaan van een werkzame N-gift van 150 kg N/ha in plaats van respectievelijk 188 en 184 kg N/ha in de referentiesituatie. Voor het centraal en noordelijke zandgebied is uitgegaan van 190 kg werkzame N/ha in plaats van respectievelijk 235 en 230 kg N/ha in de referentie.
- Verwijderen van bovengrondse stikstofrijke gewasresten van suikerbieten na de oogst, waarna het in het volgende seizoen in vergiste vorm als een plantaardige meststof wordt toegediend aan het volggewas. De werkingscoëfficiënt van overige organische meststoffen is 50% en de vergiste gewasresten nemen daarmee een deel in van de mestgebruiksruimte. Voor andere akker- en tuinbouwgewassen geldt dat de stikstofinhoud van de gewasresten meestal klein is en dat in de praktijk de bovengrondse gewasresten van granen al van het veld worden gehaald. Ook moet worden bedacht dat de maatregel een ongewenst effect heeft op de opbouw van koolstof in de bodem.

[11] https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting.htm

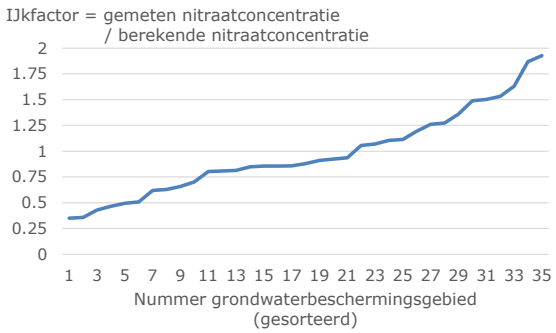
4. Biologisch bedrijfssysteem

De omzetting naar een biologisch bedrijfssysteem laat zich eigenlijk niet beschrijven in enkele maatregelen, omdat de bedrijfsvoering voor allerlei aspecten anders is dan van een regulier landbouwbedrijf (Kirchmann en Bergstrom, 2001). Belangrijke kenmerken zijn dat geen kunstmest en synthetisch-chemische gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt. Daarnaast zijn er onder andere voorschriften bij het gebruik van krachtvoer en diergeneesmiddelen voor het vee. Om een indruk te krijgen van effecten van een aangepast landgebruik en mestgebruik van biologische landbouw zijn sterk geschematiseerde omstandigheden voor een situatie met melkveehouderij en een situatie met akker- en tuinbouw geformuleerd.

- Melkveehouderij: verondersteld wordt dat maximaal 170 kg N/ha in de vorm van runderdrijfmest + weidemest wordt toegediend aan gras/klaver. Door de klaver en eventueel andere vlinderbloemigen wordt 100 kg/ha aan stikstof in de bodem vastgelegd door biologische fixatie. Bemestingsaspecten ten aanzien van fosfaat en kalium worden buiten beschouwing gelaten.
- Akkerbouw: een rotatiesysteem met consumptieaardappelen, wintertarwe, uien en luzerne wordt verondersteld. De consumptieaardappelen, wintertarwe, uien worden bemest met 170 kg N/ha aan runder- + varkensdrijfmest en de luzerne wordt bemest met 50 kg N/ha aan runderdrijfmest. In lijn met een eerdere korting van gebruiksnormen van uitspoelingsgevoelige gewassen in het zuidelijke zand- en lössgebied is voor aardappelen in dit gebied een korting van 20% toegepast ten opzichte van de 170 kg N/ha. In de praktijk zal hier anders mee omgegaan worden. Door de luzerne wordt 160 kg/ha aan stikstof uit de atmosfeer gebonden. Na de teelt van deze gewassen worden vanggewassen geteeld met een opname van 40 kg N/ha, behalve voorafgaand aan wintertarwe.

3.5 Methode van analyseren

Het belangrijkste doel van de modelanalyse is om effecten van maatregelen te berekenen op de nitraatconcentraties. De meetwaarden vertonen variaties (Tabel 2.5). Ondanks dat de modellen in beperkte mate zijn geijkt op de meetwaarden, kunnen er ook tussen berekende en gemeten nitraatconcentraties verschillen optreden. Dergelijke verschillen kunnen allerlei oorzaken hebben, maar om inzicht te krijgen in afname van nitraatconcentraties als gevolg van maatregelen zijn ze goed bruikbaar. In paragraaf 2.3 zijn op basis van de rapportages per provincie gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties vermeld. Voor de uitgangssituatie is voor de periode 2019-2021 de gemiddelde nitraatconcentratie bij landbouwgrond onder de grondwaterbeschermingsgebieden berekend. Deze gebiedsgemiddelde waarden zijn vergeleken met de metingen (zie Tabel 2.5) en per gebied is een ijkfactor afgeleid waarmee de berekende nitraatconcentraties vermenigvuldigd worden voordat de effecten worden berekend. Over alle gebieden is de ijkfactor iets lager dan 1. Dat betekent dat gemiddeld de berekende nitraatconcentratie iets hoger is dan het gemiddelde van de gemeten waarden. In het uiterste geval kan er een verschil zijn van ongeveer 2 tussen de berekende en gemeten concentraties (Figuur 3.2).



Figuur 3.2 *IJkfactor berekend als het quotiënt van de gemeten nitraatconcentratie en de berekende nitraatconcentratie in de uitgangssituatie voor de periode 2019-2021.*

Op basis van de metingen in Tabel 2.5 is een waarde afgeleid voor de mate waarin de gebiedsgemiddelde concentraties moeten afnemen om aan het doel van 50 mg/L nitraat te voldoen (Tabel 3.4).

Tabel 3.4 *Benodigde vermindering van nitraatconcentraties (mg/L) bepaald op basis van metingen (zie paragraaf 2.3).*

Grondwaterbeschermingsgebied	Benodigde vermindering van nitraatconcentratie (mg/L)
't Klooster	10
Archemerberg	30
Beegden	140
Bergen	75
Bergen op Zoom	65
Breehei	150
Craubeek	30
De Dommel	20
De Tombe	10
Dinxperlo	75
Gasselte	55
Gilze	0
Gilzerbaan	0
Grubbenvorst	70
Haarlo	5
Havelterberg	65
Heel	105
Heer-Vroendaal	10
Helvoirt	25
Herikerberg	50
Hoge Hexel	55
Holten	50
IJzeren Kuilen	20
Leggeloo	0
Manderveen	25
Mookerheide	40
Nuland	30
Olden Eibergen	0
Roodborn	30
Roosendaal	20
Valtherbos	25
Vessem	60
Waalwijk	10
Waterval	100
Wierden	70

Aan de hand van de berekende nitraatconcentraties worden verschillen berekend ten opzichte van de waarden zonder maatregel (beide na toepassing van de ijkfactor). Dit verschil wordt vergeleken met de benodigde vermindering in Tabel 3.4.

Bij de gekozen aanpak kunnen maatregelen op gewasniveau voor grasland en maisland afzonderlijk worden geëvalueerd en ook voor het bedrijfstype 'melkveehouderij', door de resultaten van grasland- en maislandoppervlakte gewogen te middelen. In de referentiesituatie worden grasland en maisland beschreven als continue teelten. Voor akkerbouwteelten heeft een evaluatie op gewasniveau geen zin. De gewassen worden op een bedrijf in een rotatie geteeld. Tussen het tijdstip van de maatregel en het tijdstip waarop het effect zich in de nitraatconcentratie in uitspoelend water manifesteert, kan meer dan een jaar of kunnen meerdere jaren zitten. Het effect kan daarom alleen voor de duur van een gehele rotatieperiode worden geëvalueerd, ervan uitgaande dat dezelfde rotatie steeds wordt herhaald. Naast de evaluatie op bedrijfsniveau kunnen effecten ook op gebiedsniveau worden geëvalueerd door de oppervlakte gewogen gemiddelde waarden over alle gewassen te berekenen, waarbij rekening gehouden wordt met de lengte van de rotatieperiode van de akkerbouwgewassen.

De rotatieperiodes van de akkerbouwgewassen hebben een verschillende lengte in de diverse grondwaterbeschermingsgebieden. Ook tussen scenario's komen verschillen voor. In het scenario waarin een

vezelgewas aan de rotatie wordt toegevoegd, is de periode één jaar langer dan in het scenario waarin het vezelgewas niet wordt toegevoegd. Bij de evaluatie wordt de rotatie per grondwaterbeschermingsgebied en per rotatie vastgesteld.

3.6 Berekende nitraatconcentraties voor de uitgangssituatie

3.6.1 Berekend met gewassamenstelling en mestinvoer tot 2022 van het landelijke model

Op basis van de gemeten nitraatconcentraties in de grondwaterbeschermingsgebieden is per gebied een opgave vastgesteld om aan een concentratieniveau van 50 mg/L te voldoen. De resultaten van het landelijke model, waarbij een uitsnede is gemaakt voor de 34 grondwaterbeschermingsgebieden, komen voor het jaar 2020 gemiddeld redelijk goed overeen met de metingen (mediane waarde 80 mg/L, gemiddelde waarde ca. 90 mg/L), maar per gebied kunnen de modelresultaten afwijken van de metingen. In het landelijke model wordt een grovere ruimtelijke indeling voor de gewassen gehanteerd, waarbij uitgegaan wordt van een bouwplan gemiddeld over grotere oppervlakten dan van de grondwaterbeschermingsgebieden. Daarom worden de modelresultaten in relatieve zin gebruikt, dat wil zeggen dat de berekende verminderingen worden vergeleken met de benodigde vermindering om per gebied aan 50 mg/L te voldoen.

De uitgangssituatie wordt gekarakteriseerd door de berekende concentraties in 2020 en de concentraties in 2040. De concentraties van 2020 zijn beïnvloed door droogte en hogere mestgiften in de voorafgaande jaren. Vanaf 2022 wordt een constant weerpatroon verondersteld en na verloop van tijd is er geen na-ijling meer van de periode tot 2020 met hogere mestgiften. Door de berekende concentraties van 2040 te vergelijken met die van 2020 verkrijgt men een indruk van het effect van de droge periode voorafgaand aan 2020 en de na-ijling van hogere mestgiften tot 2020. Tabel 3.5 geeft zowel de benodigde vermindering van de nitraatconcentratie per grondwaterbeschermingsgebied (opgave) als de berekende vermindering tussen 2020 en 2040. In deze tabel worden Gilze en Gilzerbaan onderscheiden, terwijl ze voor de analyse van metingen samen worden genomen en voor de bestuursovereenkomst als één gebied gelden.

Tabel 3.5 *Benodigde vermindering van nitraatconcentraties (mg/L) bepaald op basis van metingen en berekende verminderingen van nitraatconcentraties tussen 2020/2022 en 2040.*

Grondwater-beschermingsgebied	Benodigde vermindering van nitraatconcentratie (mg/L)	Effect na-ijling hogere mestgiften in verleden en droogte op nitraatconcentratie (mg/L)
't Klooster	10	***13-21***
Archemerberg	30	14-26
Beegden	140	48-65
Bergen	75	0-32
Bergen op Zoom	65	2-24
Breehei	150	37-74
Craubeek	30	8-29
De Dommel	20	10-24
De Tombe	10	***7-21***
Dinxperlo	75	25-44
Gasselte	55	-2-17
Gilze	0	***9-15***
Gilzerbaan	0	***8-12***
Grubbenvorst	70	6-15
Haarlo	5	***10-16***
Havelterberg	65	-13-7
Heel	105	42-60
Heer-Vroendaal	10	***7-21***
Helvoirt	25	9-16
Herikerberg	50	14-27
Hoge Hexel	55	18-30
Holten	50	14-28

Grondwater-beschermingsgebied	Benodigde vermindering van nitraatconcentratie (mg/L)	Effect na-ijling hogere mestgiften in verleden en droogte op nitraatconcentratie (mg/L)
IJzeren Kuilen	20	10-24
Leggeloo	0	***5-7***
Manderveen	25	12-18
Mookerheide	40	6-12
Nuland	30	12-17
Olden Eibergen	0	***6-10***
Roodborn	30	11-28
Roosendaal	20	12-25
Valtherbos	25	-2-13
Vessem	60	22-33
Waalwijk	10	***8-19***
Waterval	100	22-52
Wierden	70	23-35

Alhoewel in de Bestuursovereenkomst Nitraat ervan uitgegaan wordt dat in 2030 aan de opgave van maximaal 50 mg/L nitraat in het bovenste grondwater moet worden voldaan, is ervoor gekozen de zichtperiode later te kiezen. Het effect van een maatregel manifesteert zich geleidelijk in de loop van de tijd en is niet eerder dan na enkele jaren volledig. Bij een rotatie van bijvoorbeeld vijf akker- en tuinbouwgewassen, met een eventueel verlengde rotatie in het geval van de toevoeging van een vezelgewas, is bij de introductie van de maatregel vanaf 2023 het effect in 2030 nog niet volledig. Om verschillen tussen gebieden te vermijden, wordt het effect van de maatregel berekend over de gehele rotatieperiode, waarbij er van uitgegaan wordt dat 2040 het laatste jaar is. Ook voor een kortere rotatieperiode is 2040 het laatste jaar. Voor dit jaar is gekozen om te voorkomen dat eventuele na-ijlingseffecten binnen de zichtperiode optreden.

Voor de toekomstige situatie zijn drie varianten doorgerekend met verschillende weertypen: een gemiddeld weertype (meteo van 2006), een iets droger weertype (meteo van 2003) en een wat natter weertype (meteo van 2014). Vanaf 2022 zijn voor deze weertypen de gegevens van steeds hetzelfde meteojaar herhaald en er zijn daarmee ook drie modelruns uitgevoerd voor de uitgangssituatie en voor de maatregelen 'Verlaging gebruiksnormen'. De verschillende weertypen leidden tot verschillen in de berekende nitraatconcentraties. In Tabel 3.5 is voor de vermindering van de nitraatconcentraties een range weergegeven. De range geeft de minimum- en de maximumwaarde van de berekende vermindering bij de drie weertypen. In het algemeen leidt een droger weertype tot een hogere en een natter weertype tot een lagere nitraatconcentratie.

In de uitgangssituatie voldoen Gilze/Gilzerbaan, Leggeloo en Olden Eibergen in 2020 aan het criterium van 50 mg/L. Als de na-ijlingseffecten van droogte en hogere mestgiften in het verleden zijn uitgewerkt, voldoen in 2040 naast de drie genoemde gebieden nog zes andere gebieden aan het criterium van 50 mg/L nitraat.

3.6.2 Uitgangssituatie berekend met gebiedsspecifieke gewasinformatie

De maatregeltypen "Aanpassing bouwplannen", "Aanvullende management maatregelen" en "Omzetting naar biologisch bedrijfssysteem" zijn doorgerekend met de genoemde modellen, waarbij de gewasrotaties zijn benaderd door van jaar tot jaar een enkelvoudig gewas te veronderstellen. Dit in tegenstelling tot het maatregeltype "Aanpassing gebruiksnormen", waarbij voor de grondwaterbeschermingsgebieden een regionaal gemiddeld bouwplan is verondersteld. Voor elk van de gewassen wordt voor de uitgangssituatie een bemesting verondersteld gelijk aan de gebruiksnormen van het 7^{e} Actieprogramma en Derogatie afgebouwd. Ook in deze benadering worden de berekende concentraties omgerekend met een ijkfactor die voor alle gebieden afzonderlijk is bepaald aan de hand van de gemeten nitraatconcentraties (paragraaf 2.3).

Tabel 3.6 *Nitraatconcentraties (mg/L) berekend met het model met gebiedsspecifieke gewasinformatie voor de periode 2016-2021 met werkelijk weer en voor de periode 2028-2033 met gemiddeld weer. Mestgiften volgens gebruiksnormen van het 7e Actieprogramma en derogatie afgebouwd.*

Grondwater-beschermingsgebied	Periode 2016-2021 (werkelijk weer)			Periode 2028-2033 (gemiddeld weer)		
	Gemiddeld	Akker- en tuinbouw	Melkvee-houderij	Gemiddeld	Akker- en tuinbouw	Melkvee-houderij
Archemerberg	78	128	69	45	150	28
Beegden	198	143	280	158	172	136
Bergen	126	175	65	135	201	54
Bergen op Zoom	108		108	39		39
Breehei	200	186	244	173	185	135
Craubeek	82	89	67	75	91	40
De Dommel	79	89	71	66	91	46
De Tombe	82	89	72	72	91	47
Dinxperlo	103	154	94	66	156	50
Gasselte	105	108	99	96	105	80
Gilze	49	55	45	29	49	19
Gilzerbaan	49	55	47	28	52	16
Grubbenvorst	126	112	162	140	156	98
Haarlo	50	126	46	26	94	23
Havelterberg	115	118	114	119	188	92
Heel	211	148	276	145	145	144
Heer-Vroendaal	81	89	70	71	91	45
Helvoirt	76	73	80	54	66	31
Herikerberg	104		104	97		97
Hoge Hexel	103	127	101	64	127	59
Holten	106		106	78		78
IJzeren Kuilen	82	89	72	73	91	47
Leggeloo	47	29	50	25	32	24
Manderveen	89	142	86	80	164	75
Mookerheide	90	48	98	49	53	49
Nuland	79	154	59	53	129	33
Olden Eibergen	51	93	47	28	73	24
Roodborn	81	89	72	71	91	47
Roosendaal	70	84	65	36	66	25
't Klooster	85	129	80	53	131	43
Valtherbos	75	81	63	63	72	42
Vessem	119	122	118	74	95	61
Waalwijk	79		79	46		46
Waterval	82	89	76	70	91	52
Wierden	113	152	111	68	182	60

Voor de periode 2028-2033 worden lagere nitraatconcentraties berekend dan voor de periode 2016-2021 waarin een aantal droge jaren voorkwamen en waarin de nitraatconcentraties mogelijk nog zijn beïnvloed door een hogere bemesting in de voorafgaande jaren. Door deze daling neemt de opgave tot vermindering van de nitraatconcentratie af. Tabel 3.7 geeft een vergelijking van de opgave op basis van de metingen (paragraaf 2.3) en zoals berekend voor de periode 2028-2033.

Tabel 3.7 *Benodigde vermindering van de nitraatconcentratie op basis van metingen en berekend voor 2028-2033 met het model met gewasspecifieke modelinvoer mestgiften volgens gebruiksnormen van het 7e Actieprogramma en Derogatie afgebouwd.*

Grondwaterbeschermingsgebied	Benodigde vermindering van nitraatconcentratie (mg/L) op basis van metingen	Benodigde vermindering van nitraatconcentratie (mg/L), berekend voor 2028-2033
't Klooster	10	3
Archemerberg	30	0
Beegden	140	108
Bergen	75	85
Bergen op Zoom	65	0
Breehei	150	123
Craubeek	30	25
De Dommel	20	16
De Tombe	10	22
Dinxperlo	75	16
Gasselte	55	46
Gilze	0	0
Gilzerbaan	0	0
Grubbenvorst	70	90
Haarlo	5	0
Havelterberg	65	69
Heel	105	95
Heer-Vroendaal	10	21
Helvoirt	25	4
Herikerberg	50	47
Hoge Hexel	55	14
Holten	50	28
IJzeren Kuilen	20	23
Leggeloo	0	0
Manderveen	25	30
Mookerheide	40	0
Nuland	30	3
Olden Eibergen	0	0
Roodborn	30	21
Roosendaal	20	0
Valtherbos	25	13
Vessem	60	24
Waalwijk	10	0
Waterval	100	20
Wierden	70	18

Voor 9 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden wordt voor 2028-2033 geen opgave meer berekend. In 3 van de 34 gebieden is de opgave dan nog gering (kleiner dan 5 mg/L).

Met uitzondering van zeven gebieden is de opgave berekend voor 2028-2033 kleiner dan op basis van de metingen in de periode 2019-2021 kan worden vastgesteld. Een mogelijke oorzaak van de berekende toename is de dalende of stijgende trend van de grondwaterstand. De hydrologische module is per rekeneenheid ingeregeld voor reëel weer en een regionaal gemiddeld bouwplan. Omdat een ander gewaspatroon wordt aangenomen met een iets andere verdamping kan zich een trend van de berekende grondwaterstand voordoen.

3.7 Nitraatconcentraties onder landbouwpercelen

De nitraatconcentraties voor de twee varianten 'verlaging van gebruiksnormen' zijn berekend voor een schematisering van rekeneenheden uit het landelijke uitspoelingsmodel ANIMO. In deze schematisering wordt voor akker- en tuinbouw gerekend met een regionaal gemiddeld bouwplan dat kan afwijken van het eigen bouwplan binnen de grondwaterbeschermingsgebieden. Voor de periode tussen 2020 en 2040 zijn de berekeningen in drievoud uitgevoerd met drie verschillende weertypen om effecten van droge en gematigd natte omstandigheden op de bodemoverschotten en de uitspoeling in beeld te brengen.

Tabel 3.8 *Berekende vermindering van nitraatconcentraties (mg/L) onder landbouwpercelen in de grondwaterbeschermingsgebieden voor een situatie zonder reductie van gebruiksnormen en bij twee varianten van een vermindering van gebruiksnormen. Voor de nitraatconcentraties is een range gegeven van uitkomsten bij een gemiddeld, droog en wat natter weertype. Situaties waar de benodigde vermindering wordt gerealiseerd, zijn groen gekleurd.*

Grondwater-beschermings-gebied	Benodigde vermindering van nitraatconcentratie (mg/L)	Vermindering bij na-ijling hogere mestgiften in verleden en droogte op nitraatconcentratie (mg/L)	Gestapelde effecten na-ijling en vermindering mestgift met 20% op nitraatconcentratie (mg/L)	Gestapelde effecten na-ijling en vermindering mestgift met 33% op nitraatconcentratie (mg/L)
't Klooster	10	13-21	17-25	20-27
Archemerberg	30	14-26	21-33	26-39
Beegden	140	48-65	75-88	87-97
Bergen	75	0-32	13-40	24-48
Bergen op Zoom	65	2-24	9-30	12-34
Breehei	150	37-74	63-89	79-98
Craubeek	30	8-29	18-36	24-40
De Dommel	20	10-24	17-30	22-33
De Tombe	10	7-21	14-26	18-30
Dinxperlo	75	25-44	33-51	40-55
Gasselte	55	-2-17	20-33	37-43
Gilze	0	9-15	13-19	16-21
Gilzerbaan	0	8-12	12-16	16-19
Grubbenvorst	70	6-15	33-38	44-49
Haarlo	5	10-16	13-18	14-19
Havelterberg	65	-13-7	3-19	21-34
Heel	105	42-60	63-82	71-88
Heer-Vroendaal	10	7-21	14-26	19-29
Helvoirt	25	9-16	16-23	20-27
Herikerberg	50	14-27	21-34	26-38
Hoge Hexel	55	18-30	22-34	27-36
Holten	50	14-28	21-34	25-36
IJzeren Kuilen	20	10-24	17-29	22-33
Leggeloo	0	5-7	8-10	11-11
Manderveen	25	12-18	17-24	22-28
Mookerheide	40	6-12	16-22	22-27
Nuland	30	12-17	18-22	21-26
Olden Eibergen	0	6-10	9-13	11-16
Roodborn	30	11-28	19-34	25-38
Roosendaal	20	12-25	19-30	23-33
Valtherbos	25	-2-13	12-23	19-28
Vessem	60	22-33	34-41	40-45
Waalwijk	10	8-19	10-19	10-19
Waterval	100	22-52	37-63	47-70
Wierden	70	23-35	31-43	38-48

In de uitgangssituatie waarin alleen het effect van na-ijling van hogere mestgiften en droge jaren in de periode 2018-2021 in rekening is gebracht, wordt in 8 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden aan het doel voldaan zonder verdere korting van de mestgiften.

Bij een korting van de stikstofgiften met 20%, bij een dierlijke mestgift van 170 kg N/ha, wordt in 11 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden aan het doel voldaan. Bij een nog verdere korting van de stikstofgiften met 33% wordt in 16 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden aan het doel voldaan. In 18 van de 34 gebieden wordt het doel dan nog niet gehaald.

Grondwaterbeschermingsgebieden met een opgave tot vermindering van 10 mg/L nitraat kunnen in het algemeen het doel halen bij de afbouw van derogatie zonder verdere korting van de gebruiksnormen. Dit volgt uit een vergelijking van de kolom 'Vermindering bij na-ijling hogere mestgiften in verleden en droogte op nitraatconcentratie (mg/L)' met de kolom 'Benodigde vermindering van nitraatconcentratie (mg/L)' in Tabel 3.8. Bij een korting van de werkzame stikstofgift met 33% kunnen bijna alle gebieden met een opgave tot vermindering van 25-30 mg/L het doel halen.

Landbouwpercelen op zand- en lössgrond in de provincies Overijssel, Gelderland, Utrecht, Noord-Brabant en Limburg zijn per 1 januari 2024 aangewezen als Nutriënt Verontreinigd, waarvoor vanaf 2025 een korting van de stikstofgebruiksnorm van 20% geldt. De bovenstaande berekeningen geven aan dat in 11 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden aan het doel van maximaal 50 mg/L nitraat in de landbouwgebieden van de grondwaterbeschermingsgebieden zal worden voldaan. De korting van 20% op de stikstofgebruiksnormen geldt ook voor de percelen buiten de grondwaterbeschermingsgebieden. In welke mate hiervan effecten te verwachten zijn is geen onderdeel van deze studie, maar is gerapporteerd door Groenendijk et al. (2013) en Groenendijk et al. (2024; in prep.).

3.8 Nitraatconcentraties bij nul-overschotten

Aanpak en resultaten
Voor een aantal grondwaterbeschermingsgebieden wordt geconstateerd dat het verminderen van de bemesting met 20 of 33% van de gebruiksnorm onvoldoende effect sorteert om aan het doel van 50 mg/L nitraat te voldoen. Men zou kunnen overwegen om in gebieden waar de overschrijding hoog is nog een aanzienlijke vermindering van de bemesting toe te passen. Het is echter de vraag in welke mate een nog verdere vermindering van de bemesting zou leiden tot een daling van de nitraatconcentraties. Bij een verdere vermindering van mestgiften daalt ook de gewasopname en dalen de stikstofbodemoverschotten minder snel. Door de begeleidingsgroep is een onderzoeksvraag toegevoegd. De vraag is gesteld wat de nitraatuitspoeling zou zijn als de stikstofbodemoverschotten nul zouden zijn. In een dergelijke situatie is de bemesting + depositie gelijk aan de gewasopname + ammoniakvervluchtiging. De nitraatconcentraties die dan optreden, zijn toe te schrijven aan een achtergrondbelasting, bijvoorbeeld door de mineralisatie van in het verleden opgebouwde stikstofvoorraden in bodemorganische stof.

Om hierin inzicht te verwerven, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met rekeneenheden van het landelijke waterkwaliteitsmodel (LWKM) die representatief zijn voor de grondwaterbeschermingsgebieden. Aan de hand van de modeluitkomsten voor verschillende bemestingsniveaus is per rekeneenheid een regressievergelijking opgesteld voor het verband tussen bemesting en de resulterende nitraatconcentratie. Eveneens is een regressievergelijking opgesteld voor het verband tussen het stikstofoverschot en de resulterende nitraatconcentratie. Door extrapolatie met de regressievergelijking kan een waarde worden geschat voor het niveau van 0-bemesting en voor het niveau van 0-overschot.
De berekeningen zijn uitgevoerd voor vier zichtjaren: 2027, 2033, 2039 en 2045. De start van de nul-bemesting is in 2021. Naarmate de tijd voortschrijdt, wordt het effect van de aanwezige bodemvoorraden in 2021 op de uitspoeling steeds kleiner (nalevering) en wordt daarmee ook het effect op de coëfficiënten van de regressievergelijking steeds kleiner.

In de analyse is zowel een lineaire formule als een lineaire formule waaraan en kwadratische term is toegevoegd, gefit. Omdat het aantal vrijheidsgraden in de tweede formule groter is, is de berekende R^2-waarde van deze vergelijking bijna altijd groter. Als het minimum van de R^2-waarde van de lineaire

vergelijking berekend voor de vier zichtjaren kleiner is dan 0,95, wordt voor de lineaire formule gekozen waaraan een kwadratische term is toegevoegd. Voor maisland en akker- en tuinbouwpercelen kan meestal met de lineaire formule worden volstaan, maar voor grasland is meestal de lineaire formule gekozen waaraan een kwadratische term is toegevoegd.
Voor deze berekeningen is, in tegenstelling tot de berekeningen met gewasrotaties en managementmaatregelen, gebruikgemaakt van resultaten van het landelijke waterkwaliteitsmodel (LWKM) en is een nieuwe schematisering opgesteld waarbij de rekeneenheden van het SWAP-ANIMO-model voor de grondwaterbeschermingsgebieden zijn gekoppeld aan de rekeneenheden van het LWKM. De koppeling is tot stand gebracht door de vijf dichtstbijzijnde rekeneenheden te zoeken met gelijk gewas, gelijk bodemprofiel en gelijke grondwatertrap. Met behulp van de koppeling is door weging met de areaalfracties in het SWAP-ANIMO-model voor de grondwaterbeschermingsgebieden per gewas een gebiedsgemiddelde formule opgesteld voor de nitraatconcentratie als functie van het N-overschot. Het intercept in de regressieformule geeft de nitraatconcentratie weer bij een N-overschot van 0 kg/ha. Een overschot van 0 kg/ha wordt berekend bij de situatie waarin de afvoerposten even groot zijn als de aanvoerposten.

Voor grasland wordt berekend dat bij een N-overschot van 0 kg/ha de nitraatconcentratie over 20 jaar nog gemiddeld over de grondwaterbeschermingsgebieden 25 mg/L zou kunnen bedragen, met een bandbreedte[12] tussen 5 en 40 mg/L. Voor bouwland zou de nitraatconcentratie gemiddeld over de grondwaterbeschermingsgebieden nog 20-25 mg/L kunnen bedragen. Hierbij wordt opgemerkt dat:

- De getallen zijn afgeleid met behulp van een extrapolatie van regressiefuncties. De onzekerheid van het resultaat kan dan aanzienlijk zijn en de hoogte van de nitraatconcentratie bij een nul-overschot kan zijn overschat.
- In meer dan de helft van de grondwaterbeschermingsgebieden komen enkeerd- en beekeerdgronden voor met voorraden bodem-organische stof waaruit stikstof kan vrijkomen. Bij verdroging door een gedaalde grondwaterstand kan uit deze gronden nog lange tijd stikstof worden gemineraliseerd. Die combinatie, met het feit dat door de gedaalde grondwaterstand nagenoeg geen denitrificatie plaatsvindt, maakt het aannemelijk dat bij een N-overschot van 0 kg/ha toch nog nitraat kan uitspoelen.
- Nader onderzoek met behulp van empirische gegevens in bijvoorbeeld het landelijk Meetnet effecten Mestbeleid zou de ordegrootte nitraatconcentraties in laag- en onbemeste situaties beter kunnen onderbouwen.

Literatuur
Verschillende literatuurbronnen bevestigen de bevinding van de gevoeligheidsanalyse dat nitraatuitspoeling niet alleen plaatsvindt als resultaat van een stikstofbodemoverschot, maar dat de mineralisatie van bodemorganische stof ook kan bijdragen. Het ANIMO-model berekent de mineralisatie van bodemorganische stof als onderdeel van de organischestofkringloop, maar de benodigde data om de modelparameters voor specifieke omstandigheden te schatten, zijn onbekend.

In het onderzoek van Goulding et al. (2000) zijn in de periode 1990-1998 ook nitraatconcentraties van ca. 20 mg/L aangetroffen in het uitspoelingswater van langjarig onbemeste plots van het 157 jaar oude Broadbalk Experiment van Rothamsted (UK). Goulding et al. (2000) schrijven de bron van dit nitraat toe aan atmosferische depositie en mineralisatie van bodemorganische stof.

Sebilo et al. (2013) onderzochten de lotgevallen van ^{15}N gelabelde stikstofmeststoffen in een dertigjarig lang in-situexperiment. Zij onderzochten daarin zowel N-opname door gewassen als de mate waarin de ^{15}N gelabelde stikstof wordt opgeslagen in bodemorganische stof en tijdsperiode waarin de gelabelde mineraliseert en opnieuw beschikbaar komt voor gewasopname of voor uitspoeling. Zij vonden dat van de toegediende ^{15}N na dertig jaar 61-65% was opgenomen door gewassen, terwijl 12-15% van de gelabelde N nog steeds in de organische stof in de bodem zat. Tussen 8-12% van de toegediende ^{15}N spoelde uit. Een belangrijk deel van de toegediende stikstof gaat deel uitmaken van de organisch gebonden stikstofkringloop in de bodem en in het gewas-bodemsysteem. Door mineralisatie komt daar op termijn stikstof uit vrij. Op basis van hun resultaten voorspellen zij dat de uitspoeling van ^{15}N-gelabelde nitraat nog vijftig jaar door kan gaan. Zij bevelen aan om bij maatregelen ter vermindering van de nitraatuitspoeling rekening te houden met de erfenis van vroeger landgebruik en van vroegere bemestingsniveaus.

[12] Bandbreedte tussen 10- en 90-percentiel.

Frick et al. (2022) vonden in een Zwitsers onderzoek naar de lotgevallen van stikstof in kunstmest en runderdrijfmest in een rotatie van snijmais, wintertarwe en gras/klaver op een lemige bodem dat in het jaar waarin ^{15}N werd toegediend, 45-47% van de toegediende stikstof in kunstmest werd teruggevonden in het gewas. Voor de stikstof in runderdrijfmest bedroeg dit 19-23%. De onderzoekers vonden significant meer stikstof van de runderdrijfmest in het uitspoelende water dan stikstof van de kunstmest. Opmerkelijk was dat minder dan 5% van de stikstof in het uitspoelende water was toe te schrijven aan de mestgiften waaraan ^{15}N was toegevoegd. Deze bevindingen wijzen er p dat mineralisatie van bodemorganische stof een belangrijke bron van nitraatuitspoeling is.

4 Effecten ‘Aanpassing bouwplannen’

4.1 Rotaties met akker- en tuinbouwgewassen

Uitgaande van de uitgangssituatie in de grondwaterbeschermingsgebieden zijn vijf varianten doorgerekend met een gewijzigd bouwplan. Per gebied verschilt het bouwplan en het effect van het gewijzigde bouwplan verschilt ook per gebied. In enkele gebieden is het areaal akker- en tuinbouwgewassen nihil. Deze gebieden zijn niet vermeld in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Berekende afname van nitraatconcentraties (mg/L) ten opzichte van de uitgangssituatie door gewijzigde rotatieschema’s op akkerbouwpercelen in de grondwaterbeschermingsgebieden. Weergegeven zijn de effecten voor gemiddelde akker- en tuinbouw en voor het gebiedsgemiddelde. Situaties waarin een maatregel leidt tot doelbereik van de gebiedsgemiddelde concentratie zijn groen gekleurd.*

Grondwater-beschermings-gebied	Akker- en tuinbouw					Gemiddeld landbouw					
	Aard-appel naar winter-tarwe	Vezel-gewas	Vezel-gewas laag bemest	Aard-appel naar winter-tarwe + vezel-gewas	Aard-appel naar winter-tarwe + laag bemest vezel-gewas	Aard-appel naar winter-tarwe	Vezel-gewas	Vezel-gewas laag bemest	Aard-appel naar winter-tarwe + vezel-gewas	Aard-appel naar winter-tarwe + laag bemest vezel-gewas	Opgave tot ver-minde-ring
Archemerberg	33	16	22	38	44	4	2	3	5	5	30
Beegden	26	1	14	19	34	18	1	10	13	24	140
Bergen	39	16	24	147	150	22	9	13	81	83	75
Breehei	40	14	23	42	50	24	4	11	26	32	150
Craubeek	21	3	8	27	29	15	2	5	18	20	30
De Dommel	27	4	7	31	32	12	2	3	14	15	20
De Tombe	19	7	9	28	29	11	4	5	16	17	10
Dinxperlo	96	63	74	112	119	15	10	11	17	18	75
Gasselte	25	7	14	26	31	17	6	10	18	21	55
Gilze	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Gilzerbaan	12	3	8	13	17	1	-1	0	2	3	0
Grubbenvorst	48	-10	5	45	55	38	-8	4	35	43	70
Haarlo	45	18	26	46	50	3	1	2	3	3	5
Havelterberg	23	1	9	36	43	18	12	14	22	24	65
Heel	57	23	36	61	72	35	14	22	37	43	105
Heer-Vroendaal	17	-2	0	26	28	10	-1	0	15	16	10
Helvoirt	27	12	18	30	34	17	8	12	20	22	25
Hoge Hexel	98	36	52	100	112	8	3	4	8	9	55
IJzeren Kuilen	22	4	8	27	29	13	3	5	16	17	20
Leggeloo	13	7	10	14	16	3	1	2	3	4	0
Manderveen	73	39	51	87	95	13	10	11	14	15	25
Mookerheide	24	3	6	22	24	4	1	2	4	4	40
Nuland	50	15	25	50	59	12	3	6	12	14	30
Olden Eibergen	20	7	12	20	25	2	1	1	2	2	0
Roodborn	30	6	9	36	38	16	3	5	19	21	30
Roosendaal	23	6	12	22	27	6	2	3	6	7	20
‘t Klooster	17	2	5	20	22	2	0	1	2	3	10
Valtherbos	21	7	12	21	25	15	5	9	15	18	25
Vessem	26	-3	5	25	32	11	-1	2	10	13	60
Waterval	56	11	17	67	71	26	5	8	31	33	100
Wierden	57	46	54	111	120	9	8	8	13	14	70

In de meeste gebieden leidt de vervanging van het aardappelgewas door wintertarwe tot een daling van de nitraatconcentratie onder akker- en tuinbouwgewassen van enkele tientallen milligrammen per liter. De daling is afhankelijk van welke andere gewassen in de rotatie voorkomen, grondwaterstand en het bodemtype. In uitzonderlijke gevallen wordt een daling van bijna 100 mg/L berekend. De mediane waarde van de daling bedraagt 25 mg/L en de gemiddelde waarde 35 mg/L. Het effect op de gebiedsgemiddelde concentraties hangt sterk van het aandeel akker- en tuinbouwgewassen in het totale landbouwoppervlak af.

De toevoeging van een vezelgewas aan het bouwplan heeft een veel minder groot effect van de vervanging van aardappelen door wintertarwe. Voor een enkel grondwaterbeschermingsgebied wordt een licht negatief effect verwacht, dat wil zeggen dat de nitraatconcentratie zou stijgen door de maatregel. De effecten worden sterk bepaald door de verschillende soorten gewassen in de rotatie en de volgorde. In de berekeningen is verondersteld dat het vezelgewas volgt op aardappelen, of anders aan het einde van een rotatiecyclus wordt toegevoegd, waarbij het laag bemeste vezelgewas nog de beschikking heeft over de stikstof die na een aardappelgewas in de bodem achterblijft. Gemiddeld bedraagt de daling 12 en 19 mg/L voor de maatregelen 'toevoegen vezelgewas' en 'toevoegen laag bemest vezelgewas'. De mediane waarden van de vermindering van nitraat liggen lager: respectievelijk 7 en 12 mg/L voor 'toevoegen vezelgewas' en 'toevoegen laag bemest vezelgewas'.
De combinatie van de vervanging van het aardappelgewas door wintertarwe en het toevoegen van een vezelgewas aan het bouwplan leidt tot de grootste effecten. Voor enkele gebieden met een hoge nitraatconcentratie in de uitgangssituatie zou het tot een vermindering van meer dan 100 mg/L onder de akker- en tuinbouwgewassen kunnen leiden.
Op gebiedsniveau hangt het effect sterk af van het aandeel van akker- en tuinbouwgewassen in het totale landbouwkundig grondgebruik. Voor 2 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden zou de combinatie van de vervanging van het aardappelgewas door wintertarwe en het toevoegen van een vezelgewas aan het bouwplan leiden tot een vermindering groter dan de opgave. Voor alle andere gebieden blijft er een kleinere of grotere opgave bestaan.

4.2 Verandering van landgebruik op melkveebedrijven

In het kader van een eventuele verandering van landgebruik op melkveebedrijven zijn twee rekenvarianten doorgerekend.

Omzetting maisland naar grasland
Vaak werd onder maisland een hogere nitraatuitspoeling aangetroffen dan onder grasland. De stikstofgebruiksnormen voor maisland op zand- en lössgrond waren 112 kg/ha in Noord-Brabant en Limburg en 140 kg/ha in de overige provincies, maar op melkveebedrijven mocht bij toepassing van graasdiermest van het eigen bedrijf een werkingscoëfficiënt van 45% worden toegepast. Daarmee kon de totale stikstofgift aan mais op 267 kg/ha uitkomen (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 *Maximale totale N-giften (kg/ha) aan maisland op zand- en lössgrond bij gebruiksnormen tot en met 2023 op melkveebedrijven met derogatie (230-gebied) en melkveebedrijven zonder derogatie bij toepassing van graasdiermest van het eigen bedrijf.*

		Derogatie 230		**Geen derogatie**	
		Noord-, West- en Centraal-zandgebied	**Zuidelijk zand- en lössgebied**	**Noord-, West- en Centraal-zandgebied**	**Zuidelijk zand- en lössgebied**
N-gebruiksnorm		140	112	140	112
	Werkings-coëfficiënt				
Melkveebedrijf met beweiding	45%	267	239	234	206
Melkveebedrijf volledig maaien	60%	232	187	208	180

Door de afbouw van derogatie vermindert de maximale totale stikstofgift aan snijmais met 33 kg/ha op melkveebedrijven waar beweiding plaatsvindt.

Meestal wordt gestreefd naar een stikstofopbrengst van snijmais van minimaal 180-200 kg/ha. In de gebieden met een lage gebruiksnorm kwam een dergelijke opbrengst vaak mede tot stand door bij maisland een wat hogere stikstofgift toe te passen ten koste van giften aan de andere gewassen. In welke mate dit het geval is, is moeilijk in te schatten, omdat voor bedrijven alleen de totale bedrijfsbalans wordt opgesteld.

Bij veronderstelde mestgiften na de afbouw van derogatie en bemesting volgens de gebruiksnormen en de toepassing van een vanggewas, wordt berekend dat het stikstofbodemoverschot van maisland ca 25 kg/ha lager ligt dan van grasland. Mede door de toepassing van het vanggewas wordt de nitraatuitspoeling onder maisland bij deze aannamen niet hoger berekend dan de nitraatuitspoeling onder grasland. De omzetting van maisland naar grasland leidt dan ook niet tot een vermindering van de nitraatuitspoeling.

Toepassing van een 3 jaar grasland – 3 jaar maislandrotatie
Het effect van het scenario waarin een rotatie van drie jaar grasland gevolgd door drie jaar maisland wordt gesimuleerd, laat zich moeilijk voor de individuele grondwaterbeschermingsgebieden analyseren, omdat in de gebieden de verhouding van de arealen grasland en maisland niet overeenstemt met een 50%-50%-verhouding waar het scenario van uitgaat. De rekeneenheden die verschillende bodemtypen en grondwaterstanden representeren, hebben alle een verschillende omvang. Grasland en maisland kunnen in de uitgangssituatie op verschillende combinaties van bodemtype en grondwaterstandsdiepte liggen en door de wijziging van gewassen verandert de grondwaterstand iets.

Om effecten van de maatregel te schatten, is een andere benadering gebruikt en is geen gebruikgemaakt van de resultaten van het model met gebiedsspecifieke gewasinformatie. Voor het schatten van nitraatconcentraties bij nul-overschotten (paragraaf 3.7) zijn regressierelaties afgeleid voor het verband tussen de nitraatconcentratie en het stikstofbodemoverschot. De regressierelaties zijn beschikbaar voor grasland en voor maisland in de verschillende grondwaterbeschermingsgebieden. De helling van de regressierelatie is een uitdrukking voor de verhouding tussen de verlaging van de nitraatconcentratie en de verlaging van het stikstofbodemoveschot. De arealen grasland en maisland in de gebieden zijn gegeven in Tabel 2.1. Tabel 4.3 geeft de helling weer van de regressierelatie en de berekende vermindering van de nitraatconcentratie.

Voor de berekening is verondersteld dat:
- grasland zwaarder wordt bemest om te investeren in een nieuwe graszode en omdat grasland in wisselbouw een hogere productie heeft dan continu grasland. De stikstofopname is ook hoger. Netto leidt de maatregel niet tot een verlaging van het stikstofbodemoverschot van grasland.
- aan maisland in het eerste jaar na grasland geen mestgift wordt gegeven, maar dient de vernietigde graszode als bemesting en in het tweede jaar wordt bij de bemesting ook nog rekening gehouden met de nawerking van de vernietigde graszode. Verondersteld wordt over drie jaar maisteelt 120 kg/ha minder stikstof in de vorm van mest en vernietigde graszode wordt toegediend en dat de opbrengst gelijk is aan die van continue maisteelt. Dit leidt tot een vermindering van het stikstofbodemoverschot van 40 kg N/ha/jr.

De verlaging van de nitraatconcentratie voor het specifieke gras-maisrotatiedeel van het grondwaterbeschermingsgebied wordt berekend door de coëfficiënten (helling regressielijn) in Tabel 4.3 te vermenigvuldigen met de veronderstelde vermindering van het stikstofbodemoverschot en het resultaat te middelen over gras- en maisland.

De berekening is uitgevoerd voor een specifiek deel van het grondwaterbeschermingsgebied. Als het areaal maisland kleiner is dan het areaal grasland wordt verondersteld dat een even groot oppervlak grasland als oppervlak maisland gaat deelnemen aan de rotatie. Anderzijds geldt dat als het areaal grasland kleiner is dan het areaal maisland, een even groot oppervlak maisland als het oppervlak graslandland gaat deelnemen aan de rotatie. Het oppervlak waarop de rotatie wordt toegepast, is dan gelijk aan tweemaal het oppervlak van het gewas met het kleinste areaal. Het effect op de gemiddelde concentratie in het landbouwkundige deel van de grondwaterbeschermingsgebieden is bepaald door de vermindering van de nitraatconcentratie te vermenigvuldigen met de oppervlaktefractie van het specifieke gras-maisrotatiedeel van het grondwaterbeschermingsgebied.

Tabel 4.3 *Waarden voor de helling van de regressielijn, oppervlaktefracties van grasland en maisland en berekende vermindering van de nitraatconcentratie in een specifiek deel en voor het geheel van het grondwaterbeschermingsgebied.*

Grondwater-beschermings-gebied	Helling regressielijn		Oppervlaktefractie in grondwater-beschermingsgebied		Vermindering nitraatconcentratie (mg/L)		Opgave tot verminderin g nitraat (mg/L)
	Gras	Mais	Gras	Mais	Rotatiedeel van gebied	Gebieds-gemiddeld	
Archemerberg	0.413	0.556	0.371	0.394	11	8	30
Beegden	0.454	0.810	0.228	0.080	16	3	140
Bergen	0.000	0.837	0.381	0.069	17	2	75
Bergen op Zoom	0.462	0.604	0.801	0.159	12	4	65
Breehei	0.597	0.800	0.211	0.103	16	3	150
Craubeek	0.658	1.107	0.195	0.126	22	6	30
De Dommel	0.725	0.977	0.395	0.151	20	6	20
De Tombe	0.814	1.091	0.317	0.110	22	5	10
Dinxperlo	0.410	0.642	0.764	0.081	13	2	75
Gasselte	0.196	0.642	0.341	0.063	13	2	55
Gilze	0.414	0.678	0.392	0.300	14	8	0
Gilzerbaan	0.423	0.614	0.495	0.243	12	6	0
Grubbenvorst	0.532	0.800	0.201	0.090	16	3	70
Haarlo	0.325	0.593	0.708	0.230	12	5	5
Havelterberg	0.358	0.509	0.505	0.212	10	4	65
Heel	0.629	1.170	0.325	0.069	23	3	105
Heer-Vroendaal	0.772	0.977	0.297	0.132	20	5	10
Helvoirt	0.394	0.549	0.343	0.099	11	2	25
Herikerberg	0.308	0.591	0.719	0.277	12	7	50
Hoge Hexel	0.387	0.549	0.646	0.273	11	6	55
Holten	0.448	0.805	0.672	0.283	16	9	50
IJzeren Kuilen	0.654	0.974	0.303	0.099	19	4	20
Leggeloo	0.135	0.314	0.569	0.211	6	3	0
Manderveen	0.442	0.780	0.635	0.269	16	8	25
Mookerheide	0.666	0.592	0.808	0.041	12	1	40
Nuland	0.401	0.585	0.225	0.541	12	5	30
Olden-Eibergen	0.304	0.558	0.604	0.306	11	7	0
Roodborn	0.667	0.905	0.345	0.118	18	4	30
Roosendaal	0.291	0.440	0.574	0.162	9	3	20
't Klooster	0.508	0.642	0.605	0.273	13	7	10
Valtherbos	0.313	0.570	0.236	0.078	11	2	25
Vessem	0.474	0.671	0.331	0.258	13	7	60
Waalwijk	0.417	0.598	0.866	0.025	12	1	10
Waterval	0.745	1.136	0.446	0.084	23	4	100
Wierden	0.342	0.596	0.687	0.236	12	6	70

Voor het deel van het oppervlak waarvoor de gras-maisrotatie wordt toegepast, wordt gemiddeld een vermindering van de nitraatconcentratie berekend van 14 mg/L, met een standaardafwijking van 4,2 mg/L. Echter op gebiedsniveau is het effect kleiner, omdat het oppervlak waarop de rotatie wordt toegepast gelijk is aan tweemaal het oppervlak van het gewas met het kleinste areaal. Gemiddeld over alle gebieden is de berekende vermindering 5 mg/L. Alleen in Haarlo zou de maatregel ertoe kunnen leiden dat de nitraatconcentratie gemiddeld aan de norm voldoet.

5 Effecten 'Aanvullende managementmaatregelen'

5.1 Maatregelen op akker- en tuinbouwbedrijven

Voor akker- en tuinbouwbedrijven zijn vier maatregelen doorgerekend: 1a/b) de maximale inzet van vanggewassen na gewassen die in het voorjaar wordt gezaaid of geplant en voor 1 november worden geoogst, 2) een nieuw, minder stikstofbehoeftig aardappelras, 3) het recyclen van gewasresten van suikerbieten en 4) het toepassen van rijenbemesting voor kunstmestgiften in suikerbieten. Voor de maximale inzet van vanggewassen (VG) zijn twee subvarianten onderscheiden:

- 1a De bemestende waarde van de resten van het vanggewas wordt opgeteld bij de mestgift aan het volgende hoofdgewas. Het volgende hoofdgewas krijgt een mestgift volgens de gebruiksnormen. Door een hogere gewasopname van het volggewas kan een lager stikstofbodemoverschot worden gerealiseerd.
- 1b Bij de mestgift aan het volggewas wordt volgens het bemestingsadvies rekening gehouden met de bemestende waarde van de resten van het vanggewas. De gewasopname van het volggewas blijft dan gelijk aan die van een situatie zonder vanggewas. In de praktijk betekent dit dat bij de teelt van een vanggewas 20-35 kg/ha minder stikstofkunstmest aan het volggewas kan worden gegeven.

Het berekende effect van rijenbemesting in suikerbieten is laag. Voor een individueel jaar met suikerbieten wordt een afname tot maximaal 10 mg/L berekend, maar omdat suikerbieten deel uitmaken van een vruchtwisseling leidt de maatregel gemiddeld voor de gehele vruchtwisseling tot verlaging van hooguit enkele milligrammen nitraat per liter. Gemiddeld voor het gehele landbouwareaal op gebiedsniveau is de vermindering dan niet groter dan 1 mg/L. De resultaten van deze berekening zijn niet vermeld in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 *Effecten van maatregelen op akker- en tuinbouwbedrijven op de gemiddelde nitraatconcentratie onder akker- en tuinbouwgewassen en onder alle landbouwgewassen in de grondwaterbeschermingsgebieden. De effecten zijn uitgedrukt als een vermindering van de nitraatconcentratie (mg/L) ten opzichte van de uitgangssituatie.*

Grondwater-beschermings-gebied	Akker- en tuinbouwgewassen				Gemiddeld landbouw				Opgave vermin-dering nitraat (mg/L)
	1a Vang-gewassen maximaal	1b VG maximaal Minder mest	2 Nieuw aard-appelras	3 Recycle gewas-resten suiker-bieten	1a Vang-gewassen maximaal	1bVG maximaal Minder mest	2 Nieuw aard-appelras	3 Recycle gewas-resten suiker-bieten	
Archemerberg	12	23	8	0	1	3	1	0	30
Beegden	10	24	11	16	7	17	7	11	140
Bergen	19	36	13	0	11	20	7	0	75
Bergen op Zoom									65
Breehei	6	22	10	11	-2	11	8	8	150
Craubeek	32	39	5	5	22	26	4	3	30
De Dommel	21	27	6	4	10	12	3	2	20
De Tombe	23	27	5	4	13	15	3	2	10
Dinxperlo	15	31	22	0	2	5	3	0	75
Gasselte	11	18	8	12	8	13	5	8	55
Gilze	4	8	0	18	1	2	0	5	0
Gilzerbaan	7	15	4	7	0	2	1	2	0
Grubbenvorst	-18	4	12	23	-14	3	9	18	70
Haarlo	19	32	0	0	1	2	0	0	5
Havelterberg	6	16	6	8	14	16	2	2	65
Heel	15	44	14	0	9	27	8	0	105
Heer-Vroendaal	19	23	5	5	11	13	3	3	10
Helvoirt	5	14	7	0	3	9	4	0	25
Herikerberg									50
Hoge Hexel	20	44	23	0	2	4	2	0	55

Grondwater-beschermings-gebied	Akker- en tuinbouwgewassen				Gemiddeld landbouw				Opgave vermin-dering nitraat (mg/L)
	1a Vang-gewassen maximaal	1b VG maximaal Minder mest	2 Nieuw aard-appelras	3 Recycle gewas-resten suiker-bieten	1a Vang-gewassen maximaal	1bVG maximaal Minder mest	2 Nieuw aard-appelras	3 Recycle gewas-resten suiker-bieten	
Holten									50
IJzeren Kuilen	29	32	7	6	17	19	4	3	20
Leggeloo	3	6	4	0	1	1	1	0	0
Manderveen	14	33	16	0	8	9	2	0	25
Mookerheide	9	15	5	7	2	3	1	1	40
Nuland	12	27	13	18	3	6	3	4	30
Olden Eibergen	8	15	0	0	1	1	0	0	0
Roodborn	24	31	7	6	13	17	4	3	30
Roosendaal	7	14	7	8	2	4	2	2	20
't Klooster	1	6	4	0	0	1	0	0	10
Valtherbos	5	11	6	10	4	8	4	7	25
Vessem	9	21	8	13	4	8	3	5	60
Waalwijk									10
Waterval	45	57	13	11	21	27	6	5	100
Wierden	10	24	18	0	5	6	1	0	70

Van de vier gepresenteerde managementmaatregelen heeft de inzet van vanggewassen na hoofdgewassen die voor 1 november worden geoogst het grootste effect, omdat deze maatregelen niet voor een enkel gewas gelden, maar voor bijna alle akker- en tuinbouwgewassen, met uitzondering van suikerbieten en wintergranen. De variant waarbij de bemestende waarde van de vanggewasresten wordt verrekend met de mestgift van volggewas heeft een groter effect dan de variant waarin de bemestende waarde niet wordt verrekend met de mestgift.

Op het niveau van de vruchtwisseling wordt een verlaging van de nitraatconcentratie van gemiddeld 12 mg/L en 24 mg/L berekend voor respectievelijk Vanggewassen, waarbij het volggewas wordt bemest met maximaal 35 mg/L.
Voor enkele grondwaterbeschermingsgebieden zou de inzet van vanggewassen na hoofdgewassen die voor 1 november worden geoogst (bijna) kunnen voorzien in de opgave tot verminderen van de nitraatconcentratie (Craubeek, De Tombe, IJzeren Kuilen).

De introductie van een nieuw aardappelras met een lage stikstofbehoefte en het afvoeren, composteren en hergebruiken van het blad van suikerbieten heeft op het niveau van het bouwplan ook een duidelijk effect. Afhankelijk van het aandeel van het areaal akker- en tuinbouw in het totale landbouwareaal zijn de effecten op gebiedsniveau groter of kleiner. Echter, zowel de introductie van het nieuwe aardappelras als het hergebruik van het blad van suikerbieten leidt niet tot het voldoen aan de opgave om de nitraatconcentratie in het landbouwkundige deel van de grondwaterbeschermingsgebieden te verlagen tot een niveau van 50 mg/L.

5.2 Managementmaatregelen op melkveebedrijven

De overgang van het beweiden van grasland naar een bedrijfssysteem waarin uitsluitend wordt gemaaid en de beperking van de beweidingsduur waarbij wordt afgezien van beweiding in het najaar, leidt in meer dan de helft van de grondwaterbeschermingsgebieden tot een verlaging van de nitraatconcentratie onder grasland.

Berekeningen met het model met gebiedsspecifieke gewasinformatie (SWAP-QUADMOD-ANIMO) gaf voor de helft van de gebieden onlogische resultaten. De oorzaak is dat de responscurve van volledig gemaaid grasland in het QUADMOD-model niet geheel betrouwbaar is en dat de tijdstippen van gewasopname en gewasresten in dit model niet zijn afgestemd op een situatie waarin in een deel van het seizoen niet wordt beweid.

Voor de gebieden waarvan de resultaten wel plausibel leken, zijn voor groepen gebieden (zand/löss; droog/matig droog) reductiefactoren afgeleid voor het effect van de twee maatregelen. Vervolgens zijn deze factoren toegepast op alle grondwaterbeschermingsgebieden met grasland. Het gebiedsgemiddelde effect is berekend door het effect voor grasland te vermenigvuldigen met de oppervlaktefractie van grasland in een gebied.

Tabel 5.2 *Effecten van managementmaatregelen op melkveebedrijven op de gemiddelde nitraatconcentratie onder grasland en maisland en onder alle landbouwgewassen in de grondwaterbeschermingsgebieden. De effecten zijn uitgedrukt als een vermindering van de nitraatconcentratie (mg/L) ten opzichte van de uitgangssituatie.*

Grondwater-beschermingsgebied	Grasland		Gebiedsgemiddeld		Opgave vermindering nitraat
	Volledig maaien	Geen najaarsbeweiding	Volledig maaien	Geen najaarsbeweiding	
Archemerberg	6	3	4	2	30
Beegden	27	13	6	3	140
Bergen	8	4	3	2	75
Bergen op Zoom	7	4	6	3	65
Breehei	23	11	5	3	150
Craubeek	5	3	1	1	30
De Dommel	5	2	2	1	20
De Tombe	4	2	1	1	10
Dinxperlo	10	5	7	4	75
Gasselte	11	6	4	2	55
Gilze	3	2	1	1	0
Gilzerbaan	2	1	1	1	0
Grubbenvorst	15	8	3	2	70
Haarlo	4	2	3	1	5
Havelterberg	15	8	8	4	65
Heel	15	7	5	2	105
Heer-Vroendaal	4	2	1	1	10
Helvoirt	5	2	2	1	25
Herikerberg	14	7	10	5	50
Hoge Hexel	9	4	6	3	55
Holten	10	5	7	4	50
IJzeren Kuilen	4	2	1	1	20
Leggeloo	2	1	1	1	0
Manderveen	8	4	5	3	25
Mookerheide	7	4	6	3	40
Nuland	6	3	1	1	30
Olden Eibergen	3	1	2	1	0
Roodborn	8	4	3	1	30
Roosendaal	4	2	2	1	20
't Klooster	6	3	4	2	10
Valtherbos	7	3	2	1	25
Vessem	10	5	3	2	60
Waalwijk	5	2	4	2	10
Waterval	10	5	4	2	100
Wierden	10	5	7	3	70

Gemiddeld over alle gebieden wordt een vermindering van de nitraatconcentratie onder landbouwgronden berekend van 4 mg/L door de maatregel 'volledig maaien' en 2 mg/L door de maatregel 'geen najaarsbeweiding'. Hierbij wordt opgemerkt dat in het model geen rekening gehouden kon worden met zgn. 'urineplekken'. De meeste uitscheiding van stikstof van het vee vindt plaats door urinelozingen (Hack-ten Broeke et al., 1997). Omdat dit pleksgewijs gebeurt, wordt de stikstof niet homogeen over een perceel verdeeld en gaat een deel van de stikstof in urine verloren. Om deze reden wordt aan weidemest een lagere werking van stikstof voor gewasproductie toegekend dan aan gelijkmatig over een perceel verdeelde

drijfmest. In het model is met de hogere werking van drijfmest ten opzichte die van weidemest wel rekening gehouden met de berekening van de gewasproductie, maar kon geen rekening gehouden worden met het effect van de pleksgewijze urinelozingen. In het model wordt uitgegaan van een gelijkmatige verdeling van meststoffen over een perceel. In de praktijk kunnen de effecten daarom groter zijn dan met het model berekend.

Een vergelijking met de opgave voor de vermindering van nitraat laat zien dat de maatregelen zonder andere maatregelen niet zullen leiden tot het voldoen aan de norm van 50 mg/L nitraat in de grondwaterbeschermingsgebieden.

6 Effecten ‘Omzetting naar biologisch bedrijfssysteem’

Akker- en tuinbouwbedrijven
In het scenario met de omzetting van huidige akker- en tuinbouwpercelen naar een biologisch bedrijfssysteem is verondersteld dat een standaardrotatie van consumptieaardappelen, wintertarwe, zaaiuien en luzerne wordt toegepast. Binnen de rotatie wordt dan minstens eenmaal een stikstofbindend gewas verbouwd. Na zaaiuien, wintertarwe en luzerne wordt een vanggewas geteeld.

De effecten van een dergelijk bouwplan zijn verschillend voor de grondwaterbeschermingsgebieden. Dit wordt – naast de verschillen in bodemeigenschappen en grondwaterstanden – ook veroorzaakt doordat in de uitgangssituatie in elk van de gebieden een eigen rotatieschema werd toegepast (Tabel 7.1)

Tabel 6.1 *Akker- en tuinbouwgewassen in de grondwaterbeschermingsgebieden waarmee rotatieschema’s zijn vastgesteld voor de uitgangssituatie.*

Grondwater-beschermingsgebied	Voorkomende gewassen in de geschematiseerde rotatie van akker- en tuinbouwgewassen	Aandeel in het landbouwareaal
Archemerberg	Consumptieaardappel; zomergerst; korrelmais	0.08
Beegden	Consumptieaardappel; suikerbiet, zomergerst, wintertarwe, korrelmais	0.61
Bergen	Consumptieaardappel, zomergerst, rogge, lelie	0.63
Breehei	Consumptieaardappel; suikerbiet, zomergerst, lelies, groente	0.73
Craubeek	Consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, zaaiui	0.68
De Dommel	Consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, wintergerst	0.46
De Tombe	Consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, luzerne	0.65
Dinxperlo	Consumptieaardappel, korrelmais, zomergerst	0.09
Gasselte	Zetmeelaardappel, suikerbiet, zomergerst, zaaiui	0.8
Gilze	Korrelmais, suikerbiet, zomergerst	0.18
Gilzerbaan	Consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, groente	0.2
Grubbenvorst	Consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, zomergerst	0.7
Haarlo	Pootaardappel, zomergerst, snijmais	0.07
Havelterberg	Consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, zomergerst, lelie	0.24
Heel	Consumptieaardappel, zomergerst, groente	0.59
Heer-Vroendaal	Consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, wintergerst, luzerne	0.57
Helvoirt	Consumptieaardappel, rogge	0.55
Hoge Hexel	Consumptieaardappel, zomergerst, snijmais	0.06
IJzeren Kuilen	Consumptieaardappel; suikerbiet, wintertarwe, snijmais	0.12
Leggeloo	Zetmeelaardappel, wintertarwe, snijmais	0.2
Manderveen	Consumptieaardappel, rogge	0.11
Mookerheide	Consumptieaardappel, suikerbiet, zomergerst	0.16
Nuland	Consumptieaardappel, suikerbiet, zomergerst	0.09
Olden Eibergen	Pootaardappel, zomergerst, snijmais	0.06
Roodborn	Consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, zomergerst	0.54
Roosendaal	Consumptieaardappel, suikerbiet, zomergerst	0.21
‘t Klooster	Consumptieaardappel, wintertarwe, zomergerst, korrelmais, lelie	0.08
Valtherbos	Zetmeelaardappel, suikerbiet, zomergerst, zomertarwe	0.65
Vessem	Consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui, zomergerst	0.41
Waterval	Consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, wintergerst	0.5
Wierden	Pootaardappel, consumptieaardappel, snijmais, lelie	0.09

Effecten op de gemiddelde nitraatconcentratie onder de akker- en tuinbouwgewassen en gemiddeld onder het gehele landbouwareaal zijn weergegeven in Tabel 6.2.

Tabel 6.2 *Afname van de nitraatconcentratie (mg/L) ten opzichte van de uitgangssituatie door de overgang naar een biologisch akker- en tuinbouwbedrijfssysteem.*

Grondwaterbeschermings-gebied	Akker- en tuinbouw-percelen	Gemiddeld voor het landbouwareaal	Opgave vermindering nitraat
Archemerberg	35	4	30
Beegden	35	24	140
Bergen	59	32	75
Breehei	57	44	150
Craubeek	23	16	30
De Dommel	23	10	20
De Tombe	26	15	10
Dinxperlo	105	16	75
Gasselte	8	5	55
Gilze			
Gilzerbaan	20	5	0
Grubbenvorst	7	6	70
Haarlo	24	1	5
Havelterberg	28	8	65
Heel	46	28	105
Heer-Vroendaal	26	15	10
Helvoirt	27	18	25
Hoge Hexel	79	6	55
IJzeren Kuilen	27	16	20
Leggeloo	15	3	0
Manderveen	89	9	25
Mookerheide	9	1	40
Nuland	29	7	30
Olden Eibergen	11	1	0
Roodborn	27	15	30
Roosendaal	8	2	20
't Klooster	21	2	10
Valtherbos	9	6	25
Vessem			60
Waterval	50	23	100
Wierden	107	8	70

Door het afzien van kunstmestgiften worden gewassen minder bemest. Wel is een stikstofbindend gewas in de vruchtwisseling opgenomen en worden maximaal vanggewassen ingezet. Voor een aantal gebieden met een erg intensief bouwplan en een heel hoge nitraatuitspoeling wordt een afname van ca. 100 mg/L nitraat berekend door de overgang naar een biologisch bedrijfssysteem. De mediane waarde van de vermindering onder het akker- en tuinbouwareaal in de verschillende gebieden is berekend op 26 mg/L.

Omdat in de meeste gebieden het areaal akker- en tuinbouw beperkt is, is het effect op de gebiedsgemiddelde concentraties veel kleiner dan het effect voor het akker- en tuinbouwareaal. De mediane waarde van de vermindering is berekend op 8 mg/L.

De toepassing van de maatregel zou in twee gebieden, gekenmerkt door een geringe opgave en een relatie groot areaal aan akker- en tuinbouwgewassen, kunnen leiden tot het voldoen aan de norm van 50 mg/L nitraat in uitspoelend water.

Melkveebedrijven
Voor een schatting van het effect van grasland en maisland naar het landgebruik van een biologisch melkveebedrijf is uitgegaan van de teelt van een gras-/klavermengsel. Alle percelen die in de uitgangssituatie in gebruik waren als grasland of maisland worden daarbij omgezet naar gras-/klaverpercelen. Voor de uitgangssituatie is uitgegaan van de stikstofgebruiksnormen na de afbouw van derogatie en voor het biologische systeem is uitgegaan van 170 kg/ha stikstof in dierlijke mest en 100 kg/ha stikstofbinding.

In bijna alle gebieden is de nitraatconcentratie onder het grasklavermengsel lager dan onder het grasland en maisland van de uitgangssituatie. De resultaten werden voor een aantal gebieden niet betrouwbaar geacht. Voor enkele gebieden werd een lichte stijging van nitraat berekend. In Tabel 6.3 zijn alleen de gebieden vermeld waarvoor een duidelijke afname van nitraat is berekend. Het effect in de andere gebieden is onzeker.

Tabel 6.3 *Afname van de nitraatconcentratie (mg/L) ten opzichte van de uitgangssituatie door de overgang naar een biologisch melkveehouderijbedrijfssysteem.*

Grondwaterbeschermings-gebied	Vermindering nitraatconcentratie (mg/L) onder het melkveehouderijareaal	Vermindering nitraatconcentratie (mg/L) onder het landbouwareaal	Opgave tot vermindering
Beegden	27	8	140
Bergen op Zoom	39	39	65
Breehei	26	6	150
Gasselte	49	18	55
Gilze	15	10	0
Gilzerbaan	11	8	0
Grubbenvorst	15	3	70
Haarlo	10	10	5
Havelterberg	54	38	65
Helvoirt	15	5	25
Hoge Hexel	26	24	55
Holten	12	12	50
Leggeloo	8	6	0
Manderveen	6	5	25
Nuland	18	14	30
Olden Eibergen	8	8	0
Roosendaal	7	5	20
Valtherbos	22	7	25
Vessem	19	11	60
Waalwijk	10	10	10
Wierden	24	23	70

De berekende mediane waarde van de vermindering van de nitraatconcentratie onder het melkveehouderijareaal is berekend op 15 mg/L. Bij een omrekening naar het gebiedsgemiddelde effect is de mediane waarde 10 mg/L. De gemiddelde waarden van de mindering liggen 3-5 mg/L hoger dan de mediane waarden.

In gebieden met een groot aandeel melkveehouderij en een relatief lage opgave kan de maatregel leiden tot het voldoen aan de norm van 50 mg/L. In Tabel 6.3 is dit het geval voor Haarlo en Waalwijk.

7 Gebiedsgemiddelde concentraties en gebiedsgemiddelde effecten van maatregelen

In de voorgaande hoofdstukken zijn de effecten van de maatregelen vergeleken met de benodigde vermindering van de nitraatconcentratie onder landbouwgronden. Hierbij is ervan uitgegaan dat in lijn met de Nitraatrichtlijn de concentratie in het bovenste grondwater maximaal 50 mg/L nitraat mag bedragen. In de Bestuursovereenkomst Nitraat wordt ervan uitgegaan dat de concentratie op gebiedsniveau maximaal 50 mg/L nitraat mag bedragen. Met gebiedsniveau wordt het gehele oppervlak van een grondwaterbeschermingsgebied bedoeld, dus het totaal van de landbouwgronden en de niet-landbouwgronden.

Om een indruk te krijgen van de effecten van de maatregelen op de gebiedsgemiddelde concentraties is opnieuw een opgave per gebied afgeleid en is een gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie berekend als een oppervlakte gewogen gemiddelde van de concentraties onder landbouwgronden en de concentraties van het niet-landbouwdeel in een grondwaterbeschermingsgebied.

Voor de nitraatconcentraties van het niet-landbouwdeel is per provincie informatie afgeleid:
- Drenthe: waarden per grondwaterbeschermingsgebied in de rapportage aan de provincie;
- Overijssel: voor Archemerberg, Herikerberg, Hoge Hexel en Wierden de door de provincie; aangereikte waarden voor 2014 zoals gebruikt in het rapport. Voor Holten en Manderveen het gemiddelde van de vier aangereikte waarden;
- Gelderland: voor 't Klooster de gerapporteerde waarde en voor Dinxperlo, Haarlo en Olden Eibergen zijn de waarden van 't Klooster gehanteerd;
- Noord-Brabant: waarden per grondwaterbeschermingsgebied in de rapportage aan de provincie;
- Limburg: de nitraatconcentratie van niet-landbouw op 20 mg/L gesteld in lijn met de rapportage aan de provincie.

Vervolgens is een opgave tot vermindering van de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie afgeleid door de gemiddelde concentratie te verminderen met 50 mg/L. Als dit een negatief getal oplevert, is de waarde op nul gesteld.

Tabel 7.1 *Areaalfracties en landbouw en niet-landbouw in de grondwaterbeschermingsgebieden en de nitraatconcentraties (mg/L) van landbouw, niet-landbouw en de gemiddelde waarde en de opgave tot vermindering van de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie (LB=Landbouw; Niet-LB=Niet Landbouw).*

Grondwater-beschermings-gebied	Areaalfractie		Nitraatconcentratie (mg/L)				Herkomst nitraatconcentratie niet-landbouw (natuur)
	LB	Niet-LB	LB	Niet-LB	Gemid-deld	Opgave vermin-dering	
't Klooster	47%	53%	60	17	37	0	rapportage aan provincie
Archemerberg	20%	80%	80	28	38	0	gemeten in 2014
Beegden	54%	46%	190	20	112	62	aanname in rapport aan provincie
Bergen	20%	80%	125	20	41	0	aanname in rapport aan provincie
Bergen op Zoom	11%	89%	115	22	33	0	rapportage aan provincie
Breehei	61%	39%	200	20	129	79	aanname in rapport aan provincie
Craubeek	83%	17%	80	20	70	20	aanname in rapport aan provincie
De Dommel	67%	33%	70	20	53	3	aanname in rapport aan provincie
De Tombe	65%	35%	60	20	46	0	aanname in rapport aan provincie
Dinxperlo	68%	32%	125	17	90	40	gelijk gesteld aan 't Klooster
Gasselte	38%	62%	105	10	46	0	rapportage aan provincie
Gilze	60%	40%	<50	4	<31	0	rapportage aan provincie

Grondwater-beschermings-gebied	Areaalfractie		Nitraatconcentratie (mg/L)				Herkomst nitraatconcentratie niet-landbouw (natuur)
	LB	Niet-LB	LB	Niet-LB	Gemid-deld	Opgave vermin-dering	
Gilzerbaan	34%	66%	<50	4	<20	0	rapportage aan provincie
Grubbenvorst	53%	47%	120	20	73	23	aanname in rapport aan provincie
Haarlo	69%	31%	55	17	43	0	gelijk gesteld aan 't Klooster
Havelterberg	39%	61%	115	30	63	13	rapportage aan provincie
Heel	33%	67%	155	20	65	15	aanname in rapport aan provincie
Heer-Vroendaal	64%	36%	60	20	46	0	aanname in rapport aan provincie
Helvoirt	30%	70%	75	1	23	0	rapportage aan provincie
Herikerberg	37%	63%	100	30	56	6	gemeten in 2014
Hoge Hexel	56%	44%	105	24	69	19	gemeten in 2014
Holten	30%	70%	100	34	54	4	gemiddelde van 4 andere gwbg's
IJzeren Kuilen	54%	46%	70	20	47	0	aanname in rapport aan provincie
Leggeloo	76%	24%	<50	6	<40	0	rapportage aan provincie
Manderveen	59%	41%	75	34	58	8	gemiddelde van 4 andere gwbg's
Mookerheide	23%	77%	90	20	36	0	aanname in rapport aan provincie
Nuland	25%	75%	80	3	22	0	rapportage aan provincie
Olden Eibergen	73%	27%	50	17	41	0	aanname in rapport aan provincie
Roodborn	78%	22%	80	20	67	17	aanname in rapport aan provincie
Roosendaal	52%	48%	70	5	39	0	rapportage aan provincie
Valtherbos	57%	43%	75	25	53	3	rapportage aan provincie
Vessem	42%	58%	110	2	47	0	rapportage aan provincie
Waalwijk	16%	84%	60	3	12	0	rapportage aan provincie
Waterval	55%	45%	150	20	91	41	aanname in rapport aan provincie
Wierden	60%	40%	120	57	95	45	gemeten in 2014

In 16 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden overschrijdt de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie het niveau van 50 mg/L nitraat en is er een opgave tot vermindering.

De berekende vermindering van de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie bij het verrekenen na na-ijlingsprocessen en de korting van stikstofgebruiksnormen met 20% wordt in Tabel 7.2 vergeleken met de opgave tot vermindering op gebiedsniveau.

Tabel 7.2 *Berekende nitraatconcentraties (mg/L) gebiedsgemiddeld voor grondwaterbeschermingsgebieden voor een situatie met een vermindering van de stikstofgebruiksnorm met 20%. Voor de nitraatconcentraties is een range gegeven van uitkomsten bij een gemiddeld, droog en wat natter weertype. Situaties waar de benodigde vermindering wordt gerealiseerd, zijn groen gekleurd.*

Grondwaterbeschermingsgebied	Benodigde vermindering van nitraatconcentratie (mg/L)	Gestapelde effecten na-ijling en vermindering mestgift met 20% op nitraatconcentratie (mg/L)
't Klooster	0	8-12
Archemerberg	0	4-7
Beegden	62	41-48
Bergen	0	3-8
Bergen op Zoom	0	1-3
Breehei	79	38-54
Craubeek	20	15-30
De Dommel	3	11-20
De Tombe	0	9-17
Dinxperlo	40	22-35
Gasselte	0	8-13
Gilze	0	8-11
Gilzerbaan	0	4-5
Grubbenvorst	23	17-20

Grondwaterbeschermingsgebied	Benodigde vermindering van nitraatconcentratie (mg/L)	Gestapelde effecten na-ijling en vermindering mestgift met 20% op nitraatconcentratie (mg/L)
Haarlo	0	9-12
Havelterberg	13	1-7
Heel	15	21-27
Heer-Vroendaal	0	9-17
Helvoirt	0	5-7
Herikerberg	6	8-13
Hoge Hexel	19	12-19
Holten	4	6-10
IJzeren Kuilen	0	9-16
Leggeloo	0	6-8
Manderveen	8	10-14
Mookerheide	0	4-5
Nuland	0	5-6
Olden Eibergen	0	7-9
Roodborn	17	15-27
Roosendaal	0	10-16
Valtherbos	3	7-13
Vessem	0	14-17
Waalwijk	0	2-3
Waterval	41	20-35
Wierden	45	19-26

De maatregel betreft de bemesting met dierlijke mest tot maximaal 170 kg/ha stikstof en een korting van de gebruiksnormen met 20%. Hiermee beschrijft de maatregel de bemestingsniveaus vanaf 2025 van percelen die per 1 januari 2024 zijn aangewezen als Nutriënt Verontreinigd. Berekend wordt dat op termijn in 8 van de 34 gebieden de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie nog hoger zal zijn dan 50 mg/L en dat in 26 gebieden de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie wel zal voldoen aan het niveau van maximaal 50 mg/L nitraat in het bovenste grondwater.

Van de maatregeltypen zijn de maatregelen met het grootste effect gekozen om het effect ervan op gebiedsniveau te vergelijken met de opgave die overblijft na het verrekenen van na-ijlingseffecten en de vermindering door de korting van de stikstofgebruiksnorm met 20% (Tabel 7.3). Ook de effecten van een omzetting naar een biologisch bedrijfssysteem zijn voor akker- en tuinbouw en voor melkveehouderij omgerekend naar het volledige oppervlak van de grondwaterbeschermingsgebieden.

Tabel 7.3 *Opgave tot vermindering van de nitraatconcentratie op gebiedsniveau op basis van metingen en na verrekening van na-ijlings- en droogte-effecten en de berekende vermindering van de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie (mg/L) bij een drietal maatregeltypen.*

Grondwater-beschermingsgebied	Opgave tot vermindering nitraatconcentratie (mg/L)		Aanpassing bouwplannen	Aanvullende management-maatregelen	Biologisch bedrijfssysteem	
	Gebieds-gemiddeld	Na verrekening na-ijling en effect van 20% korting gebruiksnorm	Vervanging aardappel door wintertarwe + toevoeging laag bemest vezelgewas	Vanggewas, vermindering mestgift met bemestende waarde vanggewas	Akker- en tuinbouw	Melkvee-houderij
't Klooster	0	0	1	0	1	
Archemerberg	0	0	1	1	1	
Beegden	62	14-21	7	9	13	4
Bergen	0	0	17	4	7	
Bergen op Zoom	0	0				4
Breehei	79	25-41	16	7	27	4
Craubeek	20	0	15	22	13	
De Dommel	3	0	9	8	7	

Grondwater-beschermingsgebied	Opgave tot vermindering nitraatconcentratie (mg/L)		Aanpassing bouwplannen	Aanvullende management-maatregelen	Biologisch bedrijfssysteem	
	Gebieds-gemiddeld	Na verrekening na-ijling en effect van 20% korting gebruiksnorm	Vervanging aardappel door wintertarwe + toevoeging laag bemest vezelgewas	Vanggewas, vermindering mestgift met bemestende waarde vanggewas	Akker- en tuinbouw	Melkvee-houderij
De Tombe	0	0	10	10	10	
Dinxperlo	40	5-18	12	3	11	
Gasselte	0	0	7	5	2	7
Gilze	0	0	0	1	0	6
Gilzerbaan	0	0	1	1	2	3
Grubbenvorst	23	3-6	18	2	3	2
Haarlo	0	0	2	1	1	7
Havelterberg	13	6-12	9	6	3	15
Heel	15	0	12	9	9	
Heer-Vroendaal	0	0	10	8	10	
Helvoirt	0	0	6	3	5	2
Herikerberg	6	0				
Hoge Hexel	19	0-7	4	2	3	13
Holten	4	0				4
IJzeren Kuilen	0	0	9	10	9	
Leggeloo	0	0	2	1	2	5
Manderveen	8	0	8	5	5	3
Mookerheide	0	0	1	1	0	
Nuland	0	0	3	2	2	4
Olden Eibergen	0	0	1	1	1	6
Roodborn	17	0	15	13	12	
Roosendaal	0	0	3	2	1	3
Valtherbos	3	0	9	5	3	4
Vessem	0	0	4	3	0	5
Waalwijk	0	0				2
Waterval	41	6-21	17	15	13	
Wierden	45	19-26	8	4	5	14

In de acht gebieden die na verrekening van de na-ijlingseffecten en de effecten van de vermindering van de stikstofgebruiksnorm met 20% nog een opgave hebben, is in een enkel geval ofwel de aanpassing van bouwplannen, of aanvullend management, ofwel de omzetting naar een biologisch bedrijfssysteem voldoende voor volledig doelbereik op het niveau van het gehele grondwaterbeschermingsgebied. Voor Grubbenvorst en Hoge Hexel blijft een relatief geringe opgave over en verwacht kan worden dat na de genoemde verrekening met maatregelen de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie het niveau van 50 mg/L niet meer zal overschrijden.

Opgemerkt wordt dat de effecten van de in Tabel 7.3 vermelde maatregelen niet optelbaar zijn. In het biologisch bedrijfssysteem wordt ervan uitgegaan dat vanggewassen worden geteeld daar waar mogelijk en deze maatregel heeft ook het grootste effect van de maatregelen getypeerd met 'Aanpassing bouwplannen'. Ook gaat het biologische bedrijfssysteem uit van een minder intensieve vruchtwisseling waar ook van uitgegaan wordt bij de maatregel 'vervanging aardappel door wintertarwe' en toevoeging 'laag bemest vezelgewas'.

In vergelijking met de opgave tot vermindering van de nitraatconcentratie zoals die in hoofdstuk 3 tot en met 6 is gedefinieerd (nitraatconcentratie maximaal 50 mg/L in het agrarisch deel van de grondwaterbeschermingsgebieden, in lijn met de Nitraatrichtlijn), leidt het middelen van de nitraatconcentratie over het volledige areaal van een grondwaterbeschermingsgebied – waarbij het areaal niet-landbouw (natuur, openbaar groen, bebouwd gebied) een lagere nitraatconcentratie heeft – in minder gebieden tot een opgave en ook tot een kleinere opgave.

8 Discussie

Geldigheid van resultaten
De 34 grondwaterbeschermingsgebieden die in het kader van de bestuursovereenkomst zijn geïdentificeerd als gebieden waar maatregelen nodig zijn om aan het doel van maximaal 50 mg/L nitraat te voldoen, variëren in omvang, karakteristieken en de mate waarin de norm wordt overschreden. Het betreft een selectie van grondwaterbeschermingsgebieden waar overschrijding verwacht wordt. Het kleinste gebied heeft een omvang van 121 ha (Leggeloo) en het grootste gebied is 2965 ha groot (Gilze/Gilzerbaan). Het aandeel landbouw in het gebiedsoppervlak varieert van minder dan 20% tot meer dan 80%. In het lössgebied bestaat de bodem hoofdzakelijk uit lössgronden, in de andere gebieden komen nagenoeg alleen zandgronden voor. In het gebied van Leggeloo en Valtherbos komen ook venige en moerige gronden voor. In het gebied van Beegden komen ook kleigronden voor. De grondwatertrap is in de meeste gebieden voor het grootste deel van het oppervlak VI of hoger. In Haarlo, Helvoirt, Hoge Hexel, Leggeloo, Nuland, Roosendaal en Waalwijk is het merendeel van de percelen wat natter, en komen ook percelen voor met een grondwatertrap lager dan VI. De samenstelling aan gewassen varieert van 100% grasland en maisland (en 0% akker- en tuinbouwgewassen) in het gebied van Herikerberg tot ongeveer 30% grasland en maisland (en 70% akker- en tuinbouwgewassen) in Beegden, Breehei, Craubeek, Grubbenvorst en Valtherbos.
De gerapporteerde metingen laten eveneens een grote variatie zien. In het gebied van Leggeloo bevinden de nitraatconcentraties zich onder het niveau van 50 mg/L. Voor het gebied van Breehei zijn waarden boven 200 mg/L gerapporteerd. Regionaal gemiddeld zijn de hoogste nitraatconcentraties in het zandgebied van Limburg gemeten. Daar waar in de rapportage onderscheid is gemaakt tussen melkveehouderij en akker- en tuinbouw worden – met uitzondering van Vessem – onder de akker- en tuinbouwpercelen hogere nitraatconcentraties gemeten dan onder grasland- en maislandpercelen.

De grote variatie aan landbouwkundige, bodemkundige en hydrologische omstandigheden in de grondwaterbeschermingsgebieden leiden ertoe dat op voorhand niet één maatregel aangewezen kan worden waarvan verwacht wordt dat na het nemen van de maatregel overal aan het doel van maximaal 50 mg/L nitraat wordt voldaan. Het bemoeilijkt ook het trekken van algemene conclusies over de effecten van maatregelen, omdat in de praktijk de precieze inpassing en uitvoering van een maatregel medebepalend is voor het effect. Een en ander leidt ertoe dat geen conclusies voor afzonderlijke gebieden kunnen worden getrokken, maar dat gevonden resultaten alleen in gegeneraliseerde vorm voor groepen gebieden van toepassing kunnen zijn. Bij het indelen in groepen kan men denken aan gebieden met hoofdzakelijk melkveehouderij en gebieden met een aanzienlijk oppervlakteaandeel akker- en tuinbouw. Ook kan onderscheid worden gemaakt tussen gebieden met een grote overschrijding van het doel van maximaal 50 mg/L nitraat en gebieden waar de overschrijding minder dan 25-30 mg/L nitraat is.

Gerapporteerde metingen
In de vijf provincies met grondwaterbeschermingsgebieden die onder de Bestuursovereenkomst vallen, heeft vanaf najaar 2019 minimaal tweemaal een bemonstering plaatsgevonden van het grondwater of bodemvocht onder landbouwpercelen. Het algemene principe was dat de landbouwpercelen steekproefsgewijs werden bemonsterd en dat bij de steekproefomvang rekening werd gehouden met de grote variatie tussen en binnen percelen.
Bij de gerapporteerde metingen moet bedacht worden dat ze beïnvloed zijn door weersomstandigheden en dat in enkele gebieden al langer projecten worden uitgevoerd waarin agrariërs worden geadviseerd over nutriëntenmanagement. De metingen geven een momentopname. De verschillen in omstandigheden en uitgangspositie leiden er eveneens toe dat het niet mogelijk is om in detail grondwaterbeschermingsgebieden onderling te vergelijken.

Doelgat per gebied
De gemiddelde concentraties geven een beeld van de nitraatconcentraties per gebied. Op basis van dit beeld is een mate van overschrijding van het niveau van 50 mg/L in het bovenste grondwater afgeleid. In het onderhavige rapport wordt dit aangeduid als het doelgat. Bij de analyse van effecten van gemodelleerde

maatregelen is steeds gekeken in welke mate het bij zou kunnen dragen aan het verkleinen van het doelgat. Er is echter geen analyse uitgevoerd van welke stapeling van maatregelen zou kunnen leiden tot het volledig voldoen aan het doel van 50 mg/L nitraat. Het doelgat is vastgesteld aan de hand van een momentopname van gemeten concentraties waarvan gesteld kan worden dat ze beïnvloed worden door veranderlijke factoren. Het afgeleide doelgat geeft daarom een indicatieve waarde en geen absolute waarde.

Modelaanpak
Maatregelen zijn gesimuleerd met dynamische procesmodellen waarmee de gewasontwikkeling, de nutriëntenhuishouding in de bodem en de uitspoeling in de loop van de tijd worden berekend. Het biedt de mogelijkheid om de gewassen per seizoen te specificeren en ook de bemestingstijdstippen te definiëren, afhankelijk van het gewas. In het ANIMO-model voor de berekening van bodemprocessen en uitspoeling wordt de organischestofkringloop beschreven. Een dergelijke beschrijving is essentieel voor het simuleren van de doorwerking van een vanggewas op het erop volgende hoofdgewas en voor het schatten van na-ijleffecten van hogere mestgiften in het verleden. Voor deze aspecten heeft een dynamisch procesmodel zoals ANIMO meerwaarde ten opzichte van een eenvoudig model dat rekent op basis van uitspoelfracties en waarin weersvariatie niet is beschreven. Een gedetailleerd procesmodel vraagt echter om veel meer invoergegevens en informatie over procesparameters. In de onderhavige studie is op basis van kaartmateriaal een schematisering van rekeneenheden opgezet en is voor de procesparameters uitgegaan van de databases die behoren bij eerdere versie (STONE) en de huidige versie van het landelijke waterkwaliteitsmodel (LWKM). Dat betekent dat de parameters niet specifiek op de gebieden zijn afgestemd. De resultaten zijn daarom alleen in opgeschaalde vorm geldig. De focus in de studie ligt echter op de te verwachten effecten van maatregelen. Met de gekozen modellen is het in principe wel mogelijk om verschillende typen maatregelen te simuleren.

Effecten van het weer en van na-ijling
In paragraaf 3.5.1 zijn resultaten van berekeningen met werkelijk weer tot 2022, en de gewassamenstelling en de mestinvoer van het landelijke model weergegeven. In het landelijke model wordt in enkele regio's een hogere mestgift berekend dan de gebruiksnorm. Of dit ook zou kunnen plaatsvinden in grondwaterbeschermingsgebieden is niet af te leiden uit de mestinvoer van het model. In het landelijke model wordt met grotere ruimtelijke eenheden gewerkt en de berekende bemesting is niet betrouwbaar op het schaalniveau van grondwaterbeschermingsgebieden. Daarnaast wordt in de genoemde berekeningen tot 2022 het werkelijke weer verondersteld. In de periode 2018-2021 waren er drie achtereenvolgende droge jaren, waardoor in veel gebieden de gewasopname achterbleef bij de opbrengst in gematigde jaren en ook de grondwaterstanden dieper waren dan normaal. Het is lastig om de beide effecten te ontrafelen, en in onderhavige rapportage wordt het gecombineerde effect gepresenteerd. Uit een analyse van gebieden waar het landelijke model geen hogere mestgift berekent dan de gebruiksnorm en de gewassamenstelling redelijk goed overeenkomt met de veronderstelde gewassamenstelling in deze studie, blijkt dat het grootste deel van het effect is toe te schrijven aan de droge omstandigheden en dat een eventuele hogere mestgift geen groot aandeel heeft in de na-ijlingseffecten. De over de 34 gebieden berekende mediane waarde van de na-ijling wordt berekend op 17 mg/L, de 10-percentielwaarde bedraagt 10 mg/L en de 90-percentielwaarde bedraagt 36 mg/L. De grootste na-ijleffecten worden berekend voor de gebieden met de hoogste nitraatconcentraties.

Simuleren maatregelen
Voor het simuleren van maatregelen zijn meerdere typen modelinvoer aangepast: gewas, hoogte van de mestgift, mesttype, tijdstip van de mestgift, verhouding werkzame stikstofgift ten opzichte van totale stikstofgift en stikstofgebruiksefficiëntie van gewas (Tabel 8.1).

Tabel 8.1 *Overzicht van aanpassingen in de typen modelinvoer voor het simuleren van maatregelen.*

Maatregel	Nieuw gewas/ aangepast gewas	Hoogte mestgift	Mesttype	Tijdstip mestgift	Aandeel werkzame N in totale N-gift	N-gebruiks-efficiëntie gewas
Aanpassing gebruiksnorm -20%		X				
Aanpassing gebruiksnorm -33%		X				
3 jaar gras – 3 jaar maisrotatie	X	X		X		X
Vervanging mais door gras	X	X		X		
Vervanging aardappelen door wintertarwe	X	X		X		
Uitbreiding vruchtwisseling met vezelgewas	X	X		X		
Uitbreiding vruchtwisseling met laag bemest vezelgewas	X	X		X		
Aardappelen -> wintertarwe + uitbreiding met vezelgewas	X	X		X		
Aardappelen -> wintertarwe + laag bemest vezelgewas	X	X		X		
100% maaien grasland	X	X	X	X		X
Geen najaarsbeweiding		X		X		
Rijenbemesting suikerbieten						X
Maximaal vanggewassen gelijke gebruiksnorm	X				X	
Maximaal vanggewassen verlaagde gebruiksnorm	X	X				X
Nieuw aardappelras	X					X
Recyclen gewasresten suikerbieten		X	X		X	
Biologisch melkveehouderij	X	X		X		
Biologisch akker- en tuinbouw	X	X		X		

In de meeste gevallen zijn nieuwe of aangepaste gewassen verondersteld en de hoogte van de mestgiften aangepast. Omdat het tijdstip van bemesten afhankelijk is van het gewas, is dit ook meestal aangepast. Bij 100% maaien wordt geen weidemest toegepast en vermindert het aantal mesttypen. De gerecyclede gewasresten van suikerbieten worden beschouwd als een nieuw mesttype. Zoals in Figuur 3.1 is weergegeven, wordt het effect van een verandering in de relatie tussen stikstofbeschikbaarheid en gewasopname medebepaald door de hoogte van de mestgift in de referentiesituatie. Als de hoeveelheid werkzame stikstof zich in het lineaire traject van Figuur 3.1 bevindt, zoals bij grasland en maisland met een lage gebruiksnorm, wordt een duidelijke verandering van de gewasopname berekend bij een veranderde mestgift. Als de hoeveelheid werkzame stikstof zich in het asymptotische van Figuur 3.1 bevindt, is er een geringe respons van de gewasopname op een veranderde mestgift. Omdat van bijvoorbeeld 100% maaien van grasland, grasland in een 3 jaar rotatie, rijenbemesting van suikerbieten en een nieuw aardappelras is vastgesteld dat de maatregel leidt tot een verhoogde gewasproductie, is ervoor gekozen de N-gebruiksefficiëntie aan te passen. Dit is gedaan door bij een gelijke beschikbaarheid van werkzame stikstof een hoger niveau van gewasopname te berekenen. De keuze voor het aanpassen van het "Aandeel werkzame N in totale N gift" of voor het aanpassen van de "N-gebruiks-efficiëntie" van een gewas is gemaakt op basis van logica. Het kan mogelijk de modeluitkomsten beïnvloeden.

Effecten maatregelen

De effecten variëren per type maatregel, per bedrijfssysteem en per gebied. Tabel 8.2 geeft een overzicht van de globale omvang van het effect, voor welke bedrijfssystemen de effecten zijn berekend, en een ranking van provincies voor het effect op de gebiedsgemiddelde concentratie. Bij de beoordeling is uitgegaan van mediane waarden van nitraatconcentraties van groepen gebieden.

Tabel 8.2 *Overzicht van effecten van de maatregelen op de nitraatconcentraties in de landbouwgebieden van de grondwaterbeschermingsgebieden.*

Maatregel	Effecten op nitraat	Effecten per bedrijfssysteem	Effecten per provincie
Aanpassing gebruiksnormen			
Aanpassing gebruiksnorm -20%	Vermindering 17 – 30 mg/L, afhankelijk van het weer, met range 10 – 85 m/L en grootste effecten bij hoge concentraties.	Vermindering MVH: 17 – 25 mg/L AT: 18 – 34 mg/L, afhankelijk van het weer	Kleinste effect in Drenthe, Gelderland en Noord-Brabant, gevolgd door Limburg-Löss, iets groter effect in Overijssel. Grootste effect in Limburg-Zand
Aanpassing gebruiksnorm -33%	Vermindering 22 – 34 mg/L, afhankelijk van het weer, met range 11 – 90 m/L en grootste effecten bij hoge concentraties.	Vermindering MVH: 22 – 28 mg/L AT: 24 – 40 mg/L, afhankelijk van het weer	
Aanpassing rotatie/bouwplan			
3 jaar gras – 3 jaar maisrotatie	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 4 mg/L. Range: 2 – 8 mg/L	MVH: mediaan van vermindering nitraat in rotatiedeel van gebieden: 13 mg/L. Range: 10 – 22 mg/L	Kleinste effect in Drenthe; voor rotatiedeel in gebied grootste effect in Limburg-Löss, gebiedsgemiddeld grootste effect in Overijssel
Vervanging mais door gras	Geen effect berekend bij krappe bemesting mais in uitgangssituatie		
Vervanging (tot nu toe gangbare) aardappelen door wintertarwe	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 12 mg/L. Range: 2 – 31 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in AT delen van gebieden: 26 mg/L.	Kleinste effect in Gelderland, gevolgd door Overijssel en Noord-Brabant, iets groter effect in Drenthe en Limburg-löss, grootste effect in Limburg-zand.
Uitbreiding vruchtwisseling met vezelgewas	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 3 mg/L. Range: 0 – 11 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in AT delen van gebieden: 7 mg/L.	Geringe effecten (< 3 mg/L), groter effect in Drenthe en Overijssel
Uitbreiding vruchtwisseling met laag bemest vezelgewas	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 5 mg/L. Range: 0 – 14 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in AT delen van gebieden: 12 mg/L.	Geringe effecten (< 3 mg/L) in Gelderland en Noord-Brabant, iets grotere effect in Overijssel en Limburg-löss, grootste effecten (> 10 mg/L) in Drenthe en Limburg-zand
Aardappelen -> wintertarwe + uitbreiding met vezelgewas	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 14 mg/L. Range: 2 – 36 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in AT delen van gebieden: 30 mg/L.	Relatief geringe effecten (< 3 mg/L) in Gelderland, iets groter effect in Overijssel en Noord-Brabant, effect ca 17 mg/L in Drenthe en Limburg-löss, grootste effecten (> 30 mg/L) en Limburg-zand
Aardappelen -> wintertarwe + laag bemest vezelgewas	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 16 mg/L. Range: 3 – 43 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in AT delen van gebieden: 34 mg/L.	Relatief geringe effecten (< 3 mg/L) in Gelderland, iets groter effect in Overijssel en Noord-Brabant, effect 17-20 mg/L in Drenthe en Limburg-löss, grootste effecten (> 35 mg/L) en Limburg-zand
Aanvullende managementmaatregelen			
100% maaien grasland	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 3 mg/L. Range: 1 – 7 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in graslandareaal van gebieden: 7 mg/L	Kleinste effecten in Noord-Brabant en Limburg-löss, gevolgd door Drenthe en Gelderland; grootste effecten in Overijssel en Limburg-zand
Geen najaarsbeweiding	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 2 mg/L. Range: 1 – 4 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in graslandareaal van gebieden: 4 mg/L	
Maximaal vanggewassen gelijke gebruiksnorm	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 3 mg/L. Range: 0 – 16 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in AT delen van gebieden: 12 mg/L.	Kleinste effect in Gelderland, Overijssel en Noord-Brabant, groter effect in Drenthe en Limburg-zand. Grootste effect in Limburg-löss (13 mg/L).
Maximaal vanggewassen verlaagde gebruiksnorm	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 9 mg/L. Range: 1 – 24 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in AT delen van gebieden: 23 mg/L.	Kleinste effect in Gelderland, Overijssel en Noord-Brabant, groter effect in Drenthe en Limburg-zand (13-14 mg/L). Grootste effect in Limburg-löss (16 mg/L).
Nieuw aardappelras	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 3 mg/L. Range: 0 – 8 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in AT delen van gebieden: 7 mg/L.	Gering effect (<3 mg/L), alleen Limburg-löss (4 mg/L) en Limburg-zand (8 mg/L) iets groter effect.
Recyclen gewasresten suikerbieten	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 2 mg/L. Range: 0 – 10 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in AT delen van gebieden: 5 mg/L.	Gering effect (<3 mg/L), alleen Limburg-zand (5 mg/L) iets groter effect.

Maatregel	Effecten op nitraat	Effecten per bedrijfssysteem	Effecten per provincie
Omzetten naar biologisch bedrijfssysteem			
Biologisch melkveehouderij	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 10 mg/L. Range: 5 – 38 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in MVH delen van gebieden: 15 mg/L.	Kleinste effecten in Limburg-zand, gevolgd door Gelderland, grotere effecten in Drenthe en Noord-Brabant (10 – 13 mg/L) en grootste effecten in Overijssel (18 mg/L)
Biologisch akker- en tuinbouw	Mediaan van gebiedsgemiddelde waarden vermindering nitraat: 8 mg/L. Range: 1 – 30 mg/L	Mediaan van vermindering nitraat in AT delen van gebieden: 27 mg/L.	Geringe effecten (< 4 mg/L) in Gelderland en Noord-Brabant, iets grotere effecten in Drenthe en Overijssel (6 – 7 mg/L), grootste effecten in Limburg-löss (15 mg/L) en Limburg-zand (26 mg/L)

Gebiedsgemiddeld is de ranking van maatregelen met de grootste effecten naar kleinere effecten als volgt:
1. Aanpassing van gebruiksnormen;
2. Drastische aanpassing van het bouwplan op akker- en tuinbouwbedrijven;
3. Maximale inzet van vanggewassen;
4. Omzetting van een regulier landbouwsysteem naar een biologisch landbouwsysteem.

De berekende effecten van voor de melkveehouderij specifieke maatregelen zijn kleiner dan van de vier bovengenoemde maatregelen.

Mate van doelbereik landbouwgebieden
De benodigde vermindering van de nitraatconcentratie om aan het doel van 50 mg/L nitraat te voldoen, is groot in enkele gebieden. Verwacht wordt dat een deel van deze opgave wordt veroorzaakt doordat de metingen zijn uitgevoerd in een periode waarin zich effecten van droge jaren voordeden en mogelijk nog na-ijling optreedt van hogere mestgiften in het verleden. Na de verrekening van deze effecten blijkt dat het aantal gebieden zonder opgave groter zal zijn. Tabel 8.3 geeft een overzicht van het aantal gebieden met de range van de benodigde vermindering.

Tabel 8.3 *Overzicht van het aantal grondwaterbeschermingsgebieden met een bepaalde opgave tot vermindering van de nitraatconcentratie na de verrekening van droogte- en na-ijleffecten.*

Opgave tot vermindering nitraatconcentratie na verrekening droogte- en na-ijleffecten	Aantal grondwaterbeschermingsgebieden
Geen opgave	8
Opgave 0 – 25 mg/L	10
Opgave 25 – 50 mg/L	10
Opgave 50 – 75 mg/L	4
Opgave 75 – 100 mg/L	2

Voor de maatregel die resulteert in het grootste effect (korting gebruiksnormen) wordt berekend dat in 16 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden aan het doel kan worden voldaan. In 18 van de 34 gebieden wordt het doel dan nog niet gehaald. Om aan het doel van maximaal 50 mg/L te voldoen, is in de meeste gebieden een stapeling van maatregelen nodig. Hierbij wordt opnieuw opgemerkt dat bij stapeling van de maatregelen de berekende effectiviteit van de maatregel niet zonder meer opgeteld kan worden.

Mate van doelbereik grondwaterbeschermingsgebieden als geheel
De keuze van het doel is bepalend voor de conclusies in het onderzoek. Als in lijn met de Nitraatrichtlijn het doel gesteld wordt op maximaal 50 mg/L nitraat in het uitspoelingswater van landbouwgronden, is er in een veel groter aantal grondwaterbeschermingsgebieden een opgave tot het verminderen van de nitraatconcentratie dan wanneer het doel gesteld wordt op maximaal 50 mg/L nitraat in het gehele gebied. Enkele argumenten die een rol kunnen spelen bij het maken van een keuze:
- bij het vaststellen van de nitraatconcentratie in het gehele gebied zijn doorgaans minder (of geen) metingen voor het niet-landbouwdeel van het gebied aanwezig;

- de Bestuursovereenkomst Nitraat is onderdeel van het 6e Actieprogramma Nitraat en het 7e Actieprogramma Nitraat. In de Actieprogramma's staan landbouwmaatregelen centraal en wordt de nitraatconcentratie beoordeeld voor landbouwgronden;
- in de Bestuursovereenkomst Nitraat is opgenomen dat 'monitoring van de nitraatconcentraties plaatsvindt volgens de methodiek van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid' (LMM). Monitoring is meer dan het nemen en analyseren van watermonsters. Ook de statistische bewerking van de meetresultaten is onderdeel van de monitoring. De monitoring van het LMM richt zich alleen op landbouwgebieden.

Het is niet aan de schrijvers van dit rapport om de beleidsmatige keuze te maken.

9 Conclusies

Gemeten nitraatconcentraties in de periode 2019-2022 zijn waarschijnlijk beïnvloed door droge weersomstandigheden en mogelijk door hogere mestgiften in de voorafgaande periode. Bij een gematigd weertype, dierlijke mestgiften niet hoger dan 170 kg N/ha en stikstofgiften op gewassen niet hoger dan de gebruiksnorm (2022) van het betreffende gewas, wordt ten opzichte van de gemeten concentraties een daling verwacht. Deze daling kan enkele tientallen milligrammen nitraat per liter bedragen. Door deze daling stijgt het aantal grondwaterbeschermingsgebieden waar aan het doel van maximaal 50 mg/L in het landbouwareaal wordt voldaan, van drie naar acht.

Van de doorgerekende maatregelen heeft de aanpassing van gebruiksnormen het grootste effect op de nitraatconcentraties, gevolgd door een drastische aanpassing van het bouwplan op akker- en tuinbouwbedrijven waarbij het areaal uitspoelingsgevoelige teelt sterk wordt beperkt. Als derde maatregel, gesorteerd naar het effect, geldt de maximale inzet van vanggewassen op een akker- en tuinbouwbedrijf. De bemestende waarde van de resten van het vanggewas wordt dan verrekend met de mestgift aan het volggewas. De vierde maatregel, gesorteerd naar het effect, is de omzetting van een regulier landbouwsysteem naar een biologisch landbouwsysteem, waarbij de omzetting van een regulier akkerbouwbedrijf naar een biologisch bedrijfssysteem een groter effect heeft dan de omzetting van een regulier melkveebedrijf naar een biologisch bedrijf.

Een verlaging van de stikstofgebruiksnorm (2022) met 20% na 2022 leidt gemiddeld op de langere termijn (vanaf 2033) tot een verlaging van de nitraatconcentratie met 17-30 mg/L ten opzichte van de situatie met een gematigd weertype en dierlijke mestgiften niet hoger dan 170 kg N/ha. Het gestapelde effect leidt ertoe dat in elf gebieden aan het doel van maximaal 50 mg/L wordt voldaan.

Bij een nog verdere verlaging van de gebruiksnormen met 33% wordt berekend dat de nitraatconcentratie op de langere termijn (vanaf 2033) nog met gemiddeld 5 mg/L afneemt, waardoor het aantal gebieden waar aan het doel van maximaal 50 mg/L in het landbouwareaal wordt voldaan, toeneemt tot 16.

Een aanpassing van gewasrotatie heeft een verschillend effect op de gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties, omdat de rotaties verschillend zijn in de grondwaterbeschermingsgebieden en het aandeel van een uitspoelingsgevoelig gewas in een rotatie ook verschilt per gebied.

- In het algemeen leidt de toevoeging van een normaal bemest vezelgewas aan de rotatie tot een verlaging van de nitraatconcentratie, gemiddeld voor het akker- en tuinbouwareaal 7 mg/L. De toevoeging van een laag bemest vezelgewas leidt tot een wat grotere daling, in de ordegrootte van 12 mg/L.
- Gemiddeld voor het landbouwkundige deel van de grondwaterbeschermingsgebieden is het effect van deze maatregelen gering en bedraagt de daling respectievelijk 3 en 5 mg/L voor het toegevoegde vezelgewas en het toegevoegde laag bemeste vezelgewas.
- De omzetting van aardappel (uitgaande van tot nu toe gangbare cultivars) naar wintertarwe heeft een groter effect dan de toevoeging van een vezelgewas. Gemiddeld wordt een verlaging van 26 mg/L onder de akker- en tuinbouwpercelen berekend. Als deze maatregel wordt gecombineerd met en laag bemest vezelgewas wordt een daling van 34 mg/L berekend. Gebiedsgemiddeld bedraagt de verlaging dan 12 en 16 mg/L voor de beide varianten.
- Voor melkveebedrijven wordt voor de omzetting van maisland naar grasland slechts een gering effect berekend, omdat voor de uitgangssituatie is uitgegaan van bemesting volgens gebruiksnormen waarbij snijmais al een gering bodemoverschot achterlaat door krappe bemesting en de teelt van een vanggewas.
- Berekend wordt dat voor een systeem van drie jaar grasland, gevolgd door drie jaar maisland waarbij in het eerste jaar mais er niet wordt bemest en in het tweede jaar een mestgift van 50% van de gebruiksnorm wordt gegeven, een daling van de nitraatconcentratie van 13 mg/L kan optreden. Gebiedsgemiddeld komt dit overeen met 4 mg/L.

Aanvullende managementmaatregelen kunnen in specifieke situaties tot een daling van de nitraatconcentratie leiden, maar doordat de gewassamenstelling per gebied verschilt, verschillen ook de effecten gemiddeld onder akker- en tuinbouwpercelen en onder het gehele landbouwareaal. De maatregel met het grootste effect is de teelt van een vanggewas na alle gewassen, uitgezonderd de gewassen die na oktober geoogst worden. Berekend is dat dit tot een daling zou leiden van 12 mg/L onder het areaal akker- en tuinbouwgewassen. In enkele grondwaterbeschermingsgebieden in het lössgebied leidt de maximale teelt van een vanggewas tot het bereiken van het doel van maximaal 50 mg/L gemiddeld onder landbouwpercelen.
Voor de overige aanvullende managementmaatregelen (100% maaien grasland, geen najaarsbeweiding, nieuw aardappelras, recyclen gewasresten suikerbieten) is berekend dat ze op gebiedsniveau kunnen leiden tot een daling van enkele milligrammen nitraat per liter.

De daling van de nitraatconcentratie als gevolg van het omzetten van reguliere akker- en tuinbouw naar een biologisch bedrijfssysteem is berekend op 27 mg/L voor het areaal van deze bedrijven. Voor de omzetting van reguliere melkveehouderij naar een biologisch bedrijfssysteem is dit berekend op 15 mg/L voor het areaal van deze bedrijven. Omgerekend naar het niveau van het landbouwareaal in grondwaterbeschermingsgebieden zou dit 8 mg/L zijn voor de omzetting van akker- en tuinbouwbedrijven en 10 mg/L voor de omzetting van melkveehouderijbedrijven.

Geconcludeerd wordt dat door de inzet van de maatregel met het grootste effect in ongeveer de helft van het aantal grondwaterbeschermingsgebieden aan het doel van maximaal 50 mg/L nitraat kan worden voldaan.

Voor een grotere daling van de nitraatconcentratie is een combinatie van meerdere maatregelen nodig.

In 6 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden is een vermindering groter dan 50 mg/L nodig. Het is de vraag of aan deze opgave kan worden voldaan met een combinatie van de in de onderhavige studie beschouwde maatregelen.

Een gevoeligheidsanalyse waarin de hoogte van mestgiften is gevarieerd binnen een bepaalde bandbreedte wijst uit dat bij een stikstofbodemoverschot van nul kg/ha nog een bepaalde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wordt berekend. Het is raadzaam hier rekening mee te houden bij de afleiding van toelaatbare mestgiften met als doel om aan maximaal 50 mg/L te voldoen.

De opgave voor de vermindering van de nitraatconcentratie op basis van metingen/berekeningen voor het gehele areaal van een grondwaterbeschermingsgebied is kleiner dan op basis van het landbouwareaal in een gebied. In 16 van de 34 grondwaterbeschermingsgebieden overschrijdt de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie het niveau van 50 mg/L nitraat en is er een opgave tot vermindering.

De maatregel bemesting met dierlijke mest tot maximaal 170 kg/ha stikstof en een korting van de gebruiksnormen met 20% (i.e. bemestingsniveaus vanaf 2025 van percelen die per 1 januari 2024 zijn aangewezen als Nutriënt Verontreinigd) leidt ertoe dat op termijn in 8 van de 34 gebieden de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie nog hoger zal zijn dan 50 mg/L en dat in 26 gebieden de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie wel zal voldoen aan het niveau van maximaal 50 mg/L nitraat in het bovenste grondwater.

In de acht gebieden die na verrekening van de na-ijlingseffecten en de vermindering van de stikstofgebruiksnorm met 20% nog een opgave hebben, is in een enkel geval ofwel de aanpassing van bouwplannen, of aanvullend management, ofwel de omzetting naar een biologisch bedrijfssysteem voldoende voor volledig doelbereik op het niveau van het gehele grondwaterbeschermingsgebied.

Literatuur

Bartholomeus, R., J. Kroes, J. van Bakel, M. Hack-ten Broeke, D. Walvoort & F. Witte. 2013. Actualisatie schadefuncties landbouw; Fase 1. Op weg naar een geactualiseerd en klimaatbestendig systeem van effect van waterbeheer op gewasopbrengst. Overzicht van doorgevoerde verbeteringen in fase 1 (september 2012 – april 2013). Rapport 2013-22, STOWA, Amersfoort.

De Ruijter, F.J. en J.G. Conijn, 2010. Quadmod paraterisatie van de P respons van grasland, akkerbouw en groentegewassen in Nederland. Wageningen. Plant Research International. Rapport 370. https://edepot.wur.nl/175654

Frick, H., A. Oberson, E. Frossard, E.K. Bünemann (2022) Leached nitrate under fertilised loamy soil originates mainly from mineralisation of soil organic N. Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 338. https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108093.

Goulding, K.W.T., P.R. Poulton, C.P. Webster & M.T. Howe (2000) Nitrate leaching from the Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted, UK, as influenced by fertilizer and manure inputs and the weather. Soil Use and management 16, 244-250. Nitrate leaching from the Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted, UK, as influenced by fertilizer and manure inputs and the weather (wiley.com)

Groenendijk, P., L.V. Renaud and J. Roelsma, 2005. Prediction of Nitrogen and Phosphorus leaching to groundwater and surface waters; Process descriptions of the Animo4.0 model. Wageningen, Alterra, Alterra-Report 983.

Groenendijk, P., L.V. Renaud, E.M.P.M. van Boekel, C. van der Salm en O.F. Schoumans, 2013. Voorbereiding STONE2.4 op berekeningen voor de evaluatie Meststoffenwet 2012. Alterra, Wageningen UR, Wageningen, Rapport 2462. https://edepot.wur.nl/294088

Groenendijk, P., M. Heinen, G. Klammler, J. Fank, H. Kupfersberger, V. Pisinaras, A. Gemitzi, S. Peña-Haro, A. García-Prats, M. Pulido-Velazquez, A. Perego, M. Acutis, M. Trevisan (2014). Performance assessment of nitrate leaching models for highly vulnerable soils used in low-input farming based on lysimeter data. Science of The Total Environment, Vol 499, Pp 463-480. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.002.

Groenendijk, P., T. Cals, H. Kros, L. Renaud en J.C. Voogd, 2023. Effecten van de afbouw van mestderogatie op emissies van ammoniak en broeikasgassen en op waterkwaliteit. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3274.

Hack-ten Broeke, M. J. D., & Van der Putten, A. H. J. (1997). Nitrate leaching affected by management options with respect to urine-affected areas and groundwater levels for grazed grassland. Agriculture, ecosystems & environment, 66(3), 197-210.

Hack-ten Broeke, M., J. Kroes, R. Hendriks, R. Bartholomeus, J. van Bakel & I. Hoving. 2013. Actualisatie schadefuncties voor de landbouw, tussenfase 2a: plausibiliteitstoets SWAP en enkele verkennende berekeningen. Rapport 2013-37, STOWA, Amersfoort.

Heinen, M., M. Mulder, J. van Dam, R. Bartholomeus, Q. de Jong van Lier, J. de Wit, A. de Wit, M. Hack-ten Broeke. 2024. SWAP 50 years: Advances in modelling soil-water-atmosphere-plant interactions. Agricultural Water Management 298, 108883. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108883

Kirchmann, H., & Bergström, L. (2001). Do organic farming practices reduce nitrate leaching?. Communications in soil science and plant analysis, 32(7-8), 997-1028.

Klootwijk, C.W., H.A. van Schooten, 2020. Effect van ruitzaai en drijfmestrijenbemesting op de stikstofbenutting van snijmaisteelt. Wageningen Livestock Research, Rapport 1256.

Knotters., M. J. van Bakel, R. Bartholomeus, M. Hack-ten Broeke, R. Hendriks, G. Holshof, I. Hoving, J. Kroes, M. Mulder & D. Walvoort. 2017. Waterwijzer landbouw fase 3: naar een operationeel systeem voor gras en maïs. Rapport 2017-07, STOWA, Amersfoort.

Kroes, J.G. and J. Roelsma, 2007. Simulation of water and nitrogen flows on field scale: application of the SWAP-ANIMO model for the Müncheberg data set. In: Kersebaum, K. Ch., et al., (Eds.), Modelling Water and Nutrient Dynamics in Soil-Crop Systems. Springer. pp. 111-128.

Kroes, J.G., J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit, P.E.V. van Walsum (2017). SWAP version 4; Theory description and user manual. Wageningen. Wageningen Environmental Research, Report 2780. https://swap.wur.nl/Documents/Kroes_etal_2017_SWAP_version_4_ESG_Report_2780.pdf

Kroon, T., P. Finke, I. Peereboom en A. Beusen, 2001. Redesign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE: de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters. RIZA rapport 2001.017. RIZA, Lelystad. https://open.rijkswaterstaat.nl/publish/pages/154905/2001-017.pdf

Mulder, H.M., P.J.T. van Bakel, A. de Vos, G. van Straten, M. Heinen & J.G. Kroes. 2018. Zouttolerantie aardappelen. SWAP-WOFOST toepassing op zilt proefbedrijf Texel. Rapport 2018-01, STOWA, Amersfoort.

NPLG, 2022. Ontwikkeldocument National Programma Landelijk Gebied. Publicatie-nr 22407009. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/11/25/ontwikkeldocument-nationaal-programma-landelijk-gebied

PBL, 2022. Klimaat- en Energieverkenning 2022. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving, PBL-publicatienummer: 4838.

RIVM, 2018. Verschil in nitraatconcentratie tussen gras en mais op zandgrond. Bilthoven, RIVM, Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid, Nieuwsbrieven LMM. Publicatiedatum 27-11-2018. https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/nieuwsbrieven/Verschil_in_nitraatconcentratie

Rijtema, P.E., P. Groenendijk and J.G. Kroes, 1999. Environmental impact of land use in rural regions. The Development, Validation and Application of Model Tools for Management and Policy Analysis. Series on Environmental Science and Management vol. 1, Imperial College Press, Imperial College, London, UK, p. 321.

Roelsma, J., and R.F.A. Hendriks (2014) Comparative study of nitrate leaching models on a regional scale. Science of The Total Environment, Vol 499, Pp 481-496, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.030.

Sebilo, M., B. Mayer, B. Nicolardot, G. Pinay and A. Mariotti (2013) Long-term fate of nitrate fertilizer in agricultural soils. PNAS, vol. 110, no. 45, 18185–18189. http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1305372110

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. Lelystad. PPO AGV. PPO publicatie nr. 373.

Schröder, J.J., J.J. de Haan en J.R. van der Schoot (2015) Meststofgebruiksruimte in relatie tot opbrengstniveaus, mestsoort en rijenbemesting. Verkenning van equivalente maatregelen met het WOG 2.0 rekenmodel. Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten. PPO Publicatienr. 638.

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 crops: QUAD-MOD parameterization and extension for STONE-application. Wageningen. Plant Research International, Report 24.

Tiemens-Hulscher, M., Lammerts van Bueren, E.T. & Struik, P.C. (2014) Identifying nitrogen-efficient potato cultivars for organic farming. *Euphytica* **199**, 137–154.

Van den Brink, C., C. Steinweg, A. Strulik en J.J. Pape, 2020. Verkenning effectiviteit van verschillende vormen van agrarische bedrijfsvoering in het kader van de Bestuursovereenkomst "Aanvullende aanpak nitraatuitspoeling uit agrarische bedrijfsvoering in specifieke grondwaterbeschermingsgebieden". Groningen, HaskoningDHV Nederland B.V. Referentie: BH2977WATRP1907151341WM.

Van der Bolt, F.J.E., E.M.P.M. van Boekel, W. Kuindertsma, L.V. Renaud, P. Groenendijk, H. Kros, J. van den Roovaart, A. Marsman en W. Altena, 2022. Het landelijk Waterkwaliteitsmodel. Versie LWKM1.2. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3148.

Van Dijk, W., S. Burgers, H.F.M. ten Berge, A.M. van Dam, W.C.A. van Geel & J.R. van der Schoot, 2007. Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. PPO nr. 366.

Van Loon 2023. Harmonisatie toetsing en monitoring BO Nitraat. KWR 2023.111, KWR, Nieuwegein.

Van Walsum, P.E.V. and P. Groenendijk, 2008. Quasi steady-state simulation of the unsaturated zone in groundwater modeling of lowland regions. Vadose Zone J., 7 (2008), p. 769, 10.2136/vzj2007.0146

Van Walsum, P.E.V. and A.A. Veldhuizen, 2011. Integration of models using shared state variables: implementation in the regional hydrologic modelling system SIMGRO. J. Hydrol., 409 (2011), pp. 363-370, 10.1016/j.jhydrol.2011.08.036

Wösten, J.H.M, F.de Vries, J. Denneboom en A.F. van Holst, 1988. Generalisatie en bodemfysische vertaling van de bodemkaart van Nederland, 1:250 000, ten behoeve van de PAWN-studie. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. Rapport 2055.

Bijlage 1 Achtergrondinformatie toegepaste modellen

De drie in deze studie toegepaste modellen zijn:

1. Het SWAP-model (Soil, Water, Atmosphere, Plant) simuleert de stroming van water en warmte in de onverzadigde en deels verzadigde zone van de bodem onder invloed van neerslag, verdamping, gewasgroei, peilbeheer op perceelschaal en de interactie met grondwater (Kroes et al., 2015). Een belangrijke component in SWAP is de berekening van wateropname door het gewas, en hoe deze door gebrek aan water (droogte), gebrek aan zuurstof (te natte omstandigheden) of een te hoog zoutgehalte kan worden gereduceerd (Bartholomeus et al., 2013; Hack-ten Broeke et al., 2013). Gereduceerde gewasverdamping als gevolg van onvoldoende wateropname heeft gevolgen voor de gewasgroei. De gewasgroei wordt berekend door het WOFOST-model dat aan SWAP gekoppeld is. SWAP en WOFOST wisselen informatie uit over het bodemvochtgehalte en biomassa-ontwikkeling van het gewas voor een geïntegreerde berekening van de bodemvochtstroming en gewasgroei. Het modelinstrumentarium SWAP-WOFOST bevat veel proceskennis en is getoetst aan veldexperimenten (Hack-ten Broeke et al., 2013; Kroes et al., 2015; Knotters et al., 2017; Mulder et al., 2018).

Kroes, J.G., J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit, P.E.V. van Walsum (2017). SWAP version 4; Theory description and user manual. Wageningen. Wageningen Environmental Research, Report 2780.

Heinen, M., M. Mulder, J. van Dam, R. Bartholomeus, Q. de Jong van Lier, J. de Wit, A. de Wit, M. Hack-ten Broeke. 2024. SWAP 50 years: Advances in modelling soil-water-atmosphere-plant interactions. Agricultural Water Management 298, 108883

Bartholomeus, R., J. Kroes, J. van Bakel, M. Hack-ten Broeke, D. Walvoort & F. Witte. 2013. Actualisatie schadefuncties landbouw; Fase 1. Op weg naar een geactualiseerd en klimaatbestendig systeem van effect van waterbeheer op gewasopbrengst. Overzicht van doorgevoerde verbeteringen in fase 1 (september 2012 – april 2013). Rapport 2013-22, STOWA, Amersfoort.

Hack-ten Broeke, M., J. Kroes, R. Hendriks, R. Bartholomeus, J. van Bakel & I. Hoving. 2013. Actualisatie schadefuncties voor de landbouw, tussenfase 2a: plausibiliteitstoets SWAP en enkele verkennende berekeningen. Rapport 2013-37, STOWA, Amersfoort.

Kroes, J., R. Bartholomeus, J. van Dam, M. Hack-ten Broeke, I. Supit, R. Hendriks, A. de Wit, F. van der Bolt, D. Walvoort, I. Hoving & J. van Bakel. 2015. Waterwijzer Landbouw, fase 2. Modellering van het bodem-water-plantsysteem met het gekoppelde instrumentarium SWAPWOFOST. Rapport 2015-16, STOWA, Amersfoort.

Knotters., M. J. van Bakel, R. Bartholomeus, M. Hack-ten Broeke, R. Hendriks, G. Holshof, I. Hoving, J. Kroes, M. Mulder & D. Walvoort. 2017. Waterwijzer landbouw fase 3: naar een operationeel systeem voor gras en maïs. Rapport 2017-07, STOWA, Amersfoort.

Mulder, H.M., P.J.T. van Bakel, A. de Vos, G. van Straten, M. Heinen & J.G. Kroes. 2018. Zouttolerantie aardappelen. SWAP-WOFOST toepassing op zilt proefbedrijf Texel. Rapport 2018-01, STOWA, Amersfoort.

2. De QUAMOD- en MEBOT-rekenmodule (Ten Berge et al., 2000; De Ruiter en Conijn, 2010; Schreuder et al., 2008) worden gebruikt voor de berekening van nutriëntenopname door gewassen en de hoeveelheid gewasresten die tijdens en na de groeiperiode op en in de bodem terechtkomen. De modelinput bestaat – naast een specificatie van het gewas, de grondsoort en de regio – ook uit een specificatie van de effectieve stikstofgift en de fosfaatgift, de verwachte leverantie van stikstof uit de bodem en het Pw-getal van de bodem en uit trendlijnen van de drogestofproductie van verschillende gewassen, zoals deze is af te leiden van jaarlijkse CBS-cijfers voor verschillende regio's. Voor de berekening van de effectieve stikstofgift worden kengetallen gebruikt uit het *Handboek Bodem en Bemesting*, samengesteld door de Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegrondsgroententeelt (CBAV) en de *Adviesbasis bemesting* van de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (CBGV).

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 crops: QUAD-MOD parameterization and extension for STONE-application. Wageningen. Plant Research International, Report 24.

De Ruijter, F.J. en J.G. Conijn, 2010. Quadmod parameterisatie van de P respons van grasland, akkerbouw en groentegewassen in Nederland. Wageningen. Plant Research International. Rapport 370.

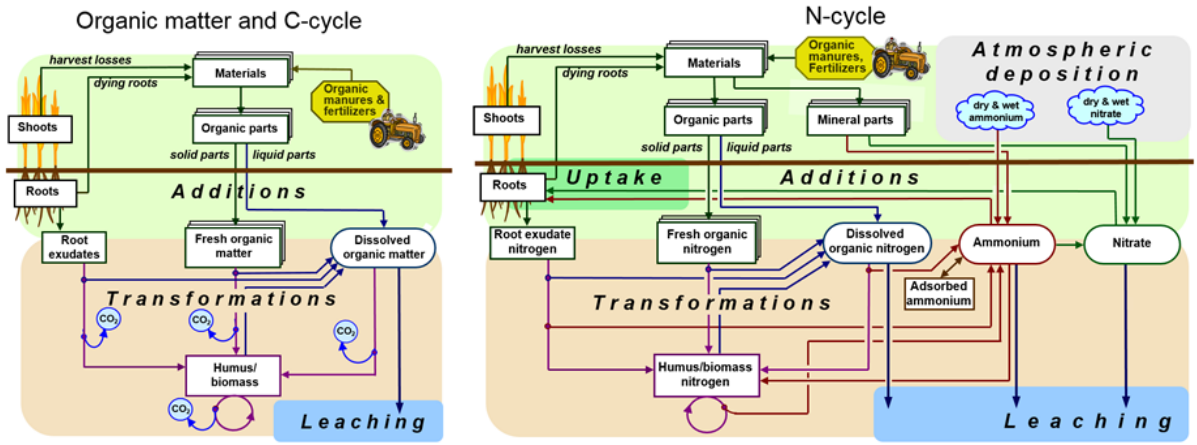
Schreuder, R., W. van Dijk, P. van Asperen, J.A. de Boer en J.R. van der Schoot (2008). Mebot 1.01: beschrijving van milieu- en bedrijfsmodel voor open teelten. Lelystad. PPO AGV. PPO publicatie nr. 373.

https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/over-handboek-bodem-en-bemesting.htm

https://www.bemestingsadvies.nl/nl/bemestingsadvies.htm

3. Het ANIMO-model (Groenendijk et al., 2005) voor de simulatie van de organischestofkringloop, de stikstofkringloop en de fosforkringloop in de bodem, de uitspoeling van nitraat en de uit- en afspoeling van stikstof en fosforcomponenten naar het oppervlaktewater.

   Het ANIMO-model krijgt de benodigde hydrologische informatie van het SWAP-model en informatie over potentiële gewasopname van de QUAMOD- en MEBOT-rekenmodule. Vanwege de sterke interactie van stikstof met organische stof bevat het model volledige beschrijvingen van zowel de organischestofkringloop als de stikstofkringloop in de bodem.



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

Het ANIMO-model (Groenendijk et al, 2005) onderscheidt zich van andere dynamische simulatiemodellen met 1) een module voor het transport en omzetting van opgeloste organische stof

en opgeloste organisch gebonden stikstof en fosfor en 2) een module waarin biologisch-chemische processen en transportprocessen in het topsysteem van het grondwater worden beschreven. Het model berekent hiermee concentraties en vrachten van DOC, ammonium, nitraat, opgeloste organische gebonden stikstof, ortho-fosfaat en opgeloste organisch gebonden fosfor.

Resultaten van validaties zijn onder andere beschreven in Rijtema et al (1999), Kroes en Roelsma (2007), Groenendijk et al (2014) en Roelsma en Hendriks (2014)

Rijtema, P.E., P. Groenendijk and J.G. Kroes, 1999. Environmental impact of land use in rural regions. The Development, Validation and Application of Model Tools for Management and Policy Analysis. Series on Environmental Science and Management vol. 1, Imperial College Press, Imperial College, London, UK, p. 321.

Kroes, J.G. and J. Roelsma, 2007. Simulation of water and nitrogen flows on field scale: application of the SWAP-ANIMO model for the Müncheberg data set. In: Kersebaum, K. Ch., et al., (Eds.), Modelling Water and Nutrient Dynamics in Soil-Crop Systems. Springer. pp. 111-128.

Groenendijk, P., M. Heinen, G. Klammler, J. Fank, H. Kupfersberger, V. Pisinaras, A. Gemitzi, S. Peña-Haro, A. García-Prats, M. Pulido-Velazquez, A. Perego, M. Acutis, M. Trevisan (2014). Performance assessment of nitrate leaching models for highly vulnerable soils used in low-input farming based on lysimeter data. Science of The Total Environment, Vol 499, Pp 463-480. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.002.

Roelsma, J., and R.F.A. Hendriks (2014) Comparative study of nitrate leaching models on a regional scale. Science of The Total Environment, Vol 499, Pp 481-496, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.030.

Bijlage 2 Met uitspoelingsmodel berekende uitspoelfracties

1. De uitspoelfractie UF is een parameter in een eenvoudig model voor de schatting van nitraatconcentraties.

$$C_{nitraat}(mg/L) = 443 \times UF \times \frac{Stikstofoverschot\ (kg/ha)}{Neerslagoverschot\ (mm)}$$

Het stikstofoverschot wordt berekend uit het verschil van de aan- en afvoerposten van de bodembalans, waarbij uitgegaan wordt van een evenwichtssituatie van de bodemvoorraden. Alleen voor veengrond wordt rekening gehouden met een levering van de bodem door veenoxidatie/mineralisatie.
De constante van 443 is de omrekenfactor van NO_3-N naar NO_3, vermenigvuldigd met 100 om van (kg/(ha.mm)) naar mg/L om te kunnen rekenen.
Als de nitraatconcentratie, het stikstofoverschot en het neerslagoverschot zijn vastgesteld, kan de uitspoelfractie worden vastgesteld door:

$$UF = \frac{C_{nitraat}(mg/L) \times\ Neerslagoverschot\ (mm)}{443\ \times Stikstofoverschot\ (kg/ha)}$$

In deze formule is te zien dat de uitspoelfractie UF evenredig is met het neerslagoverschot. Het neerslagoverschot wordt berekend als de som van alle neerslagtermen (regenval, sneeuwval, beregening) minus alle verdampingstermen (bodemverdamping, plantverdamping, interceptie). Voor de toepassing in een uitspoelingsmodel wordt oppervlakkige afstroming vanaf het maaiveld ook verrekend. Het neerslagoverschot is niet direct te meten en wordt daarom geschat met rekenmodellen. De inzichten in de omvang van het neerslagoverschot zijn in de afgelopen twintig jaar veranderd. In de tabellen voor het WOG-model (Fraters et al., 2012[13]) worden voor de zandgronden de volgende waarden gehanteerd:

Tabel B2.1 *Neerslagoverschot (mm/jaar) zoals gerapporteerd door Fraters et al. (2012).*

Gt-klasse	Grasland	Maisland	Overig bouwland
VIII	323	353	343
VII	298	332	345
VI	280	332	324
V*	276	364	315
V	277	474	289
IV	274	358	347
III*	279	350	323
III	287	352	295
II*	257	374	375
II	323	286	286
I	372	286	286

Deze getallen zijn gebaseerd op berekeningen met STONE3.5 voor de jaarreeks 1971-2000.

In het Landelijk Hydrologisch model worden de neerslagoverschotten van grasland en maisland op zandgrond lager berekend. In het aan LHM gekoppelde Landelijke Waterkwaliteitsmodel (LWKM) worden voor de jaarreeks 1991-2020 de volgende waarden voor de neerslagoverschotten voor de zandgronden berekend:

[13] Fraters, B., T.C. van Leeuwen, A. Hooiboer, M.W. Hoogeveen, L.J.M. Boumans en J.W. Reijs (2012). De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. Herberekening van uitspoelfracties, RIVM Rapport 680716006/2012.

Tabel B2.2 *Neerslagoverschot (mm/jaar) berekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (Van der Bolt et al., 2022).*

Gt-klasse	Grasland	Maisland	Overig bouwland
VIII	312	324	355
VII	286	317	351
VI	268	296	328
V*	245	259	301
V	231	203	
IV	269	294	326
III*	256	276	314
III	235	235	281
II*	271	313	353
II	244	276	371

Voor maisland wordt een deel van het verschil verklaard door de teelt van een vanggewas na de oogst van mais. In de resultaten van STONE3.5 werd geen rekening gehouden met een vanggewas en in de berekeningen met LWKM wordt daar wel rekening mee gehouden. Voor BO_Nitraat zijn vooral de drogere zandgronden van belang. Voor deze groep wordt in het LWKM-model het neerslagoverschot voor grasland en maisland resp. 4% en 8% lager berekend dan in de getallen waar Fraters et al. (2012) hun waarden voor de uitspoelfracties mee hebben berekend.

De hoogte van de uitspoelfractie wordt medebepaald door het resultaat van het hydrologische model waarvan de berekende neerslagoverschotten als informatie wordt gebruikt.
Nieuwere versies van het Landelijke Hydrologische model laten zien dat inzichten ten aanzien van verdamping en neerslagoverschotten nog regelmatig wijzigen en dat er vaak lagere waarden worden berekend dan aangegeven in Tabel 2.

Om de afhankelijkheid van veranderingen in modelinzichten te omzeilen, kan gebruikgemaakt worden van het concept van de uitspoelingsgevoeligheid:

$$C_{nitraat}(mg/L) = \frac{443 \times UF}{Neerslagoverschot\ (mm)} \times\ Stikstofoverschot\ (kg/ha)$$

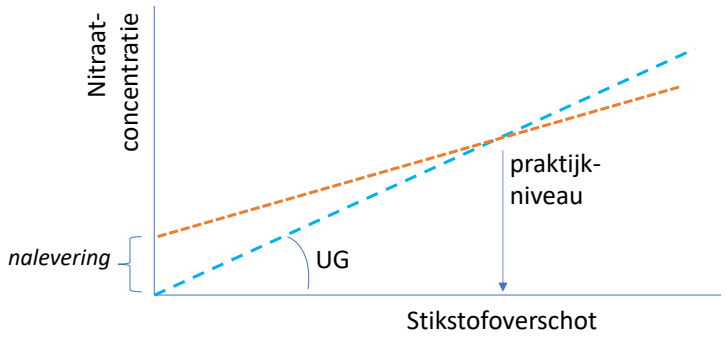
$$C_{nitraat}(mg/L) = UG \times\ Stikstofoverschot\ (kg/ha);\ waarin: UG = \frac{443 \times UF}{Neerslagoverschot\ (mm)}$$

Op basis van de tabellen van Fraters et al. (2012) kunnen waarden voor de Uitspoelingsgevoeligheid worden afgeleid.

Tabel B2.3 *Uitspoelingsgevoeligheid berekend op basis van tabellen van Fraters et al. (2012).*

Gt-klasse	Grasland	Maisland	Overig bouwland
VIII	0.60	1.13	1.16
VII	0.55	1.00	0.96
VI	0.46	0.79	0.81
V*	0.34	0.52	0.60
V	0.35	0.42	0.69
IV	0.31	0.48	0.50
III*	0.22	0.35	0.38
III	0.06	0.09	0.11
II*	0.03	0.06	0.06
II	0.03	0.08	0.08
I	0.02	0.08	0.08

Het eenvoudige model waarin de nitraatconcentratie evenredig met het stikstofoverschot wordt berekend, gaat uit van evenwicht van bodemvoorraden. Dat betekent dat bij een overschot van 0 kg/ha de nitraatconcentratie ook 0 mg/L zou bedragen. In de praktijk kan nalevering plaatsvinden van historisch opgebouwde voorraden stikstof in bodemorganische stof en door ontwatering, waardoor de aanname van evenwicht niet geldig is. Bij dezelfde waarden voor het praktijkniveau van het stikstofoverschot en de nitraatconcentraties wordt dan een andere relatie gevonden voor het verband tussen nitraatconcentratie en stikstofoverschot.



Figuur B2.1 *Theoretische relaties tussen de nitraatconcentratie en het stikstofbodemoverschot.*

In de tabel komen enkele uitschieters voor. Met extrapolatie van de regressievergelijkingen is berekend dat de nitraatconcentratie in Herikerberg bij een stikstofoverschot van 0 kg/ha op de lange termijn niet onder 50 mg/L zal uitkomen. In de schematisering komen in dit gebied voornamelijk percelen voor met enkeerdgronden en met een diepe grondwaterstand.
De mediane waarde[14] voor de gebiedsgemiddelde concentraties bij een N-overschot van 0 kg/ha bedraagt 45 mg/L in 2027 en 25 mg/L in 2045. In een aantal gebieden wordt na de invoering van lage mestniveaus die leiden tot een N-overschot van 0 kg/ha in 2027 het niveau van 50 mg/L nog overschreden.

De coëfficiënten van de regressievergelijkingen en de waarden van de uitspoelingsgevoeligheid UG zijn weergegeven in Tabel B2.4. De UG is hierin gelijkgesteld aan de helling van de regressievergelijking in de referentiewaarde voor het N-overschot in de gevoeligheidsanalyse.
De algemene vorm van de regressievergelijking:

$$Nitraatconcentratie = Nitraat_{Noverschot=0} + a_1 Noverschot + a_2 Noverschot^2$$

De helling van deze vergelijking:

$$\frac{d\ Nitraatconcentratie}{d\ Noverschot} = a_1 + 2a_2\ Noverschot$$

[14] In de tabel komen enkele uitschieters voor, daarom is het beter om uit te gaan van de mediane waarde.

Tabel B2.4 *Coëfficiënten van de regressievergelijkingen voor de grondwaterbeschermingsgebieden aan de hand van gesimuleerde N-overschotten en nitraatconcentraties in 2045.*

	Grasland			Maisland			Akker- en tuinbouw			Gemiddeld		
	a1	a2	UG	a1	a2	UG	a1	a2	UG	a1	a2	UG
Archemerberg	-0.06	2.737E-03	0.46	0.53	1.934E-04	0.56	0.65		0.65	0.33	1.122E-03	0.54
Beegden	0.11	1.290E-03	0.30	1.10		1.10	0.90	4.221E-05	0.91	0.78	2.634E-04	0.82
Bergen	0.39		0.39	0.73		0.73	0.85		0.85	0.65		0.65
Bergen op Zoom	0.27	8.969E-04	0.43	0.56	4.594E-04	0.60	0.67		0.67	0.33	8.098E-04	0.46
Breehei	0.09	2.209E-03	0.47	0.70	3.579E-04	0.72	0.93		0.93	0.74	4.750E-04	0.81
Craubeek	0.51	9.611E-04	0.64	1.11		1.11	0.90		0.90	0.85	1.851E-04	0.87
De Dommel	0.73		0.73	0.98		0.98	0.94		0.94	0.87		0.87
De Tombe	0.81		0.81	1.09		1.09	0.91		0.91	0.90		0.90
Dinxperlo	0.16	1.335E-03	0.42	0.65	7.118E-05	0.66	0.61		0.61	0.29	9.850E-04	0.48
Gasselte	0.12	1.783E-04	0.16	0.27	3.314E-04	0.32	0.49		0.49	0.42	4.442E-05	0.43
Gilze	0.19	6.565E-04	0.32	0.58	1.082E-04	0.59	0.57		0.57	0.40	3.473E-04	0.47
Gilzerbaan	0.36	6.091E-04	0.46	0.64	3.687E-04	0.67	0.79		0.79	0.52	4.188E-04	0.59
Grubbenvorst	0.06	1.342E-03	0.28	0.35	4.031E-04	0.41	0.82	7.864E-05	0.83	0.56	4.176E-04	0.63
Haarlo	0.09	1.009E-03	0.29	0.32	1.622E-04	0.34	0.71		0.71	0.17	7.684E-04	0.32
Havelterberg	0.13	1.133E-03	0.35	0.52	2.812E-06	0.52	0.60		0.60	0.35	5.610E-04	0.46
Heel	0.10	3.320E-03	0.58	1.35		1.35	0.99	2.212E-05	0.99	0.72	1.107E-03	0.88
H.Vroendaal	0.77		0.77	0.98		0.98	0.97		0.97	0.92		0.92
Helvoirt	0.12	1.714E-03	0.43	0.00		0.00	0.88		0.88	0.57	6.961E-04	0.70
Herikerberg	0.30	2.893E-04	0.36	0.65		0.65				0.40	2.071E-04	0.44
Hoge Hexel	0.15	6.307E-04	0.27	0.49		0.49	0.62		0.62	0.28	4.116E-04	0.36
Holten	0.31	6.711E-04	0.43	0.83		0.83	0.84		0.84	0.45	4.841E-04	0.54
IJzeren Kuilen	0.51	9.045E-04	0.64	0.97		0.97	0.98		0.98	0.84	2.631E-04	0.88
Leggeloo	0.07	3.421E-04	0.13	0.46	3.592E-04	0.51	0.61		0.61	0.26	2.939E-04	0.30
Manderveen	0.35	4.274E-04	0.43	0.65	4.488E-07	0.65	0.80		0.80	0.47	2.705E-04	0.53
Mookerheide	0.37	5.430E-04	0.46	0.44	3.020E-04	0.46	0.63	3.851E-04	0.68	0.39	5.221E-04	0.48
Nuland	0.13	1.479E-03	0.39	0.53	3.632E-04	0.56	0.86		0.86	0.57	4.302E-04	0.63
Olden Eibergen	0.15	9.465E-04	0.34	0.58	1.128E-04	0.59	0.61		0.61	0.32	6.186E-04	0.43
Roodborn	0.60	1.450E-04	0.63	0.90		0.90	0.73		0.73	0.71	4.946E-05	0.71
Roosendaal	0.06	1.235E-03	0.27	0.33	6.948E-04	0.39	0.55	2.229E-04	0.58	0.24	8.517E-04	0.38
't Klooster	0.15	1.413E-03	0.44	0.64		0.64	0.78		0.78	0.37	8.289E-04	0.54
Valtherbos	0.20	4.565E-04	0.23	0.37		0.37	0.42		0.42	0.37	1.061E-04	0.38
Vessem	0.21	1.071E-03	0.41	0.65	6.576E-04	0.69	0.77		0.77	0.56	4.965E-04	0.64
Waalwijk	0.03	1.270E-03	0.25	0.00		0.00	0.67		0.67	0.06	1.199E-03	0.27
Waterval	0.52	9.666E-04	0.66	1.14		1.14	1.05		1.05	0.85	3.786E-04	0.91
Wierden	0.19	7.707E-04	0.33	0.52		0.52	0.68		0.68	0.30	5.440E-04	0.40

De berekende UG-waarden liggen in het algemeen in het traject van de UG-waarden die afgeleid kunnen worden van de tabellen van Fraters et al. (2012). Hierbij wordt wel opgemerkt dat is uitgegaan van een relatie waarbij de nitraatconcentratie niet door de oorsprong gaat.
Als we voor de vergelijking van de UG-waarden die afgeleid kunnen worden van uitspoelingsfracties de relaties wel door de oorsprong fitten, worden iets hogere waarden van de uitspoelingsgevoeligheid berekend (Tabel B2.5).

Tabel B2.5 *UG-waarden per landgebruik en per grondwaterbeschermingsgebied afgeleid van regressievergelijkingen voor de relatie tussen nitraatconcentratie en N-overschot (2045), waarbij de relatie door de oorsprong loopt.*

	Grasland	Maisland	Akker- en tuinbouw	Gemiddeld
Archemerberg	0.48	0.88	0.84	0.72
Beegden	0.47	1.82	1.22	1.15
Bergen	0.51	1.55	0.94	0.77
Bergen op Zoom	0.54	0.86	0.71	0.59
Breehei	0.56	0.98	1.22	1.06
Craubeek	0.77	1.28	0.99	0.98
De Dommel	0.87	1.15	1.05	1.00
De Tombe	0.91	1.26	1.06	1.04
Dinxperlo	0.47	0.85	0.69	0.56
Gasselte	0.17	0.39	0.56	0.49
Gilze	0.34	0.76	0.75	0.57
Gilzerbaan	0.52	0.99	1.07	0.76
Grubbenvorst	0.34	0.60	1.11	0.84
Haarlo	0.31	0.43	0.80	0.37
Havelterberg	0.43	0.75	0.71	0.58
Heel	0.75	2.47	1.21	1.14
Heer-Vroendaal	0.91	1.15	1.09	1.06
Helvoirt	0.50		1.09	0.85
Herikerberg	0.42	1.22		0.65
Hoge Hexel	0.30	0.67	0.73	0.43
Holten	0.49	1.28	0.95	0.70
IJzeren Kuilen	0.75	1.15	1.11	1.01
Leggeloo	0.16	0.75	0.76	0.41
Manderveen	0.49	0.93	0.94	0.65
Mookerheide	0.56	0.81	0.78	0.58
Nuland	0.48	0.80	1.06	0.83
Olden Eibergen	0.36	0.78	0.68	0.52
Roodborn	0.75	1.11	0.87	0.85
Roosendaal	0.32	0.67	0.76	0.50
't Klooster	0.48	0.82	0.93	0.64
Valtherbos	0.24	0.50	0.54	0.47
Vessem	0.48	1.19	1.13	0.94
Waalwijk	0.32		0.86	0.35
Waterval	0.77	1.30	1.13	1.00
Wierden	0.36	0.74	0.78	0.48

De geel gemarkeerde getallen zijn hoger dan de hoogste waarde in de tabel van UG-waarden die kan worden afgeleid van de tabellen van Fraters et al. (2012). De grondwaterbeschermingsgebieden in de lössregio vertonen meestal een grote gevoeligheid.

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

Wageningen Environmental Research
Rapport 3371
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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

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 3371
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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.