



Waterkwaliteit en nutriëntenbalansen Waterschap Hollandse Delta

Analyse van de nutriëntenbelasting, herkomst, achtergrondbelasting en effecten van landbouwmaatregelen in het beheergebied van Waterschap Hollandse Delta

Erwin van Boekel, Leo Renaud en Peter Schipper



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Waterkwaliteit en nutriëntenbalansen Waterschap Hollandse Delta

Analyse van de nutriëntenbelasting, herkomst, achtergrondbelasting en effecten van
landbouwmaatregelen in het beheergebied van Waterschap Hollandse Delta

Erwin van Boekel, Leo Renaud en Peter Schipper

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door het
Waterschap Hollandse Delta.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, november 2020

Gereviewd door:

P. Groenendijk, onderzoeker (Wageningen Environmental Research)

Akkoord voor publicatie:

G.J. Reinds, teamleider Duurzaam Bodemgebruik,
(Wageningen Environmental Research)

Rapport 2995
ISSN 1566-7197

E.M.P.M. van Boekel, L.V. Renaud, P.N.M. Schipper, 2020. Waterkwaliteit en nutriëntenbalansen Waterschap Hollandse Delta; Analyse van de nutriëntenbelasting, herkomst, achtergrondbelasting en effecten van landbouwmaatregelen in het beheergebied van Waterschap Hollandse Delta. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2995. 92 blz.; 22 fig.; 24 tab.; 39 ref.

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) schrijft voor dat het oppervlaktewater in 2027 voldoende schoon en ecologisch gezond is. In veel Nederlandse wateren is de nutriëntenbelasting (nog) te hoog om de KRW-doelen te halen. Het Waterschap Hollandse Delta analyseert haar watersystemen om beter inzicht te krijgen in de (on)mogelijkheden om de ecologische toestand te verbeteren. Ter ondersteuning van deze analyse is in dit onderzoek de nutriëntenbelasting en herkomst voor de periode 2006-2013 gekwantificeerd voor de regionale wateren in Voorne-Putten, Hoeksche Waard en Goeree-Overflakkee. Hiertoe zijn in samenwerking met het waterschap de ruimtelijke grenzen van de afwateringsgebieden bepaald en is met de methode ECHO voor deze gebieden een water- en nutriëntenbalans opgesteld. Voor de afwateringsgebieden op IJsselmonde en het Eiland van Dordrecht zijn de belasting en herkomst op een meer globaal niveau gekwantificeerd.

Op basis van de herkomst in het zomerhalfjaar zijn voor de KRW-waterlichamen de achtergrondbelasting en achtergrondconcentraties afgeleid door onderscheid te maken tussen antropogene bronnen en overige bronnen die beleidsmatig als natuurlijke of seminatuurlijk kunnen worden beschouwd. Ook is gekwantificeerd hoeveel de af- en uitspoeling uit landbouwgronden afneemt aan het einde van de KRW-planperiode, uitgaande van het generieke mestbeleid conform het 5e NAP en is een scenario berekend waarin diverse DAW-maatregelen worden genomen.

De nutriëntenbelasting komt voor een groot deel door af- en uitspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden. Voor stikstof wordt de af- en uitspoeling vooral bepaald door actuele bemesting en in iets mindere mate door (seminatuurlijke) nalevering van de bodem. Voor fosfor wordt de af- en uitspoeling vooral bepaald door historische mestgiften, nalevering uit de landbouwbodem en kwel. RWZI's hebben slechts in een paar afwateringsgebieden invloed. Andere belangrijke bronnen zijn inlaatwater en stikstofdepositie op open water. In het zomerhalfjaar wordt op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten veel water ingelaten, waardoor de bijdrage hiervan relatief groot is.

Op basis van de herkomstanalyse zijn hoge percentages berekend voor de achtergrondbelasting en hiermee ook hoge achtergrondconcentraties van het oppervlaktewater. Met het generieke mestbeleid conform het 5e NAP neemt de af- en uitspoeling uit landbouwgronden tot enkele procenten af. Voor stikstof kan – met een hoge implementatiegraad van Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW)-maatregelen – de af- en uitspoeling duidelijk verder afnemen, maar voor fosfor biedt dit weinig potentie.

Trefwoorden: Kaderrichtlijn Water, waterkwaliteit, nutriënten, stikstof, fosfor, herkomst, uitspoeling, afspoeiing, waterbalans, achtergrondbelasting, achtergrondconcentraties, DAW, bodemverbetering, kringloopwijzer, onderwaterdrainage

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/534844> 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.

© 2020 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 2995 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Ad Stam, Waterschap Hollandse Delta

Inhoud

	Verantwoording	7
	Woord vooraf	9
	Samenvatting	11
	Lijst met definities	15
1	Inleiding	17
	1.1 Achtergrond en probleemstelling	17
	1.2 Projectdoelstelling en projectresultaat	17
	1.3 Leeswijzer	17
2	Methode	18
	2.1 Aanpak op hoofdlijnen	18
	2.2 Beschrijving studiegebied	19
	2.3 Uit- en afspoeling nutriënten uit landelijk gebied	25
	2.4 Inlaatwater	26
	2.5 Overige nutriëntenbronnen	28
	2.6 Retentie	30
	2.7 Validatie uitgaande debieten en nutriëntenvrachten	31
	2.8 Herkomst nutriënten	31
	2.9 Maatregelen	33
3	Nutriëntenbalansen	34
	3.1 Inleiding	34
	3.2 Uit- en afspoeling nutriënten landbouw en natuurbodems	34
	3.3 Herkomst nutriënten waterlichamen jaargemiddeld	36
	3.4 Toetsing plausibiliteit	39
	3.5 Herkomst nutriënten waterlichamen zomerhalfjaar	42
	3.6 Achtergrondconcentraties KRW-waterlichamen	46
	3.7 Herkomst nutriënten overige wateren	49
	3.8 Ammoniumbelasting KRW-waterlichamen zomerhalfjaar	50
	3.9 Reflectie op de nutriëntenbalansen	52
4	Effectiviteit maatregelen	54
	4.1 Algemene beschouwing over maatregelen	54
	4.2 Effecten generiek mestbeleid	55
	4.3 DAW-maatregelen	56
	4.3.1 Bodemverbetering	56
	4.3.2 Precisiebemesting	57
	4.3.3 Verlaging stikstofbodemoverschot melkveebedrijven	58
	4.3.4 Onderwaterdrainage	59
	4.4 Gecombineerd effect mestbeleid en DAW-maatregelen	60
5	Conclusies en aanbevelingen	62
	5.1 Conclusies	62
	5.2 Aanbevelingen	63
	Literatuur	64

Bijlage 1	Herschikkingsprocedure	67
Bijlage 2	Bronnen in de EmissieRegistratie	75
Bijlage 3	Betrouwbaarheid bronnen in de EmissieRegistratie	76
Bijlage 4	Retentie	77
Bijlage 5	Uit- en afspoeling nutriënten 2006-2013	83
Bijlage 6	Nutriëntenbalansen per afwateringsgebied	85

Verantwoording

Rapport: 2995

Projectnummer: 5200044723

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

Akkoord Referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Senior onderzoeker

naam: Piet Groenendijk

datum: maart 2020

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Gert Jan Reinds

datum: november 2020

Woord vooraf

Het Waterschap Hollandse Delta voert watersysteemanalyses uit ter voorbereiding op de besluitvorming voor de derde stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP's) om beter inzicht te krijgen in de werking van haar watersystemen en op basis daarvan de (on)mogelijkheden om de ecologische toestand te verbeteren. Een belangrijk onderdeel in deze analyse is de belasting en herkomst van de verschillende nutriëntenstromen en effecten daarop van mitigerende maatregelen. Daartoe heeft het waterschap Wageningen Environmental Research (WENR) in 2018 verzocht de belasting en herkomst van nutriënten te onderzoeken in haar regionale wateren.

Bij de uitvoering van het onderzoek is gebruikgemaakt van gegevens, modellen en methodieken die in lijn zijn met eerdere studies, zoals regionale bronnenanalyses nutriënten voor waterschappen (2016-2019) en de landelijke studie Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten (2016).

Daarnaast zijn meetgegevens gebruikt van het waterschap voor de debieten en kwaliteit van inlaatwater en uitgemalen water. Hierbij zijn onderzoeksgegevens over hoeveelheden inlaatwater en afwenteling uitgewisseld met adviesbureau Arcadis die het waterschap ondersteunt bij de verdere analyse van de watersystemen. Tijdens de overleggen met het Waterschap en adviesbureau Arcadis is regiospecifieke kennis uitgewisseld en zijn tussenresultaten gepresenteerd en besproken. Het onderzoek is begeleid door Fred Kuipers en Harold de Ruiters van Waterschap Hollandse Delta.

De auteurs bedanken de betrokken medewerkers van het waterschap en adviesbureau Arcadis. Hun inbreng heeft geholpen bij de aanpak en heeft de betrouwbaarheid van de resultaten vergroot.

Wageningen, november 2020
De auteurs

Samenvatting

In veel Nederlandse wateren is de nutriëntenbelasting (nog) te hoog om de doelen voor de KRW te halen. Het Waterschap Hollandse Delta voert watersysteemanalyses uit ter voorbereiding op de besluitvorming voor de derde stroomgebiedbeheerplannen om beter inzicht krijgen in de werking van haar watersystemen en – op basis daarvan – de mogelijkheden om de ecologische toestand te verbeteren. Een belangrijk onderdeel in deze analyse is het kwantificeren van de belasting en herkomst van nutriënten in het oppervlaktewater, de hieruit af te leiden theoretische achtergrondconcentraties en mogelijkheden om de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater met maatregelen te verminderen.

In dit onderzoek is met methode ECHO de nutriëntenbelasting en het aandeel van de veroorzakende bronnen voor de periode 2006-2013 gekwantificeerd voor de KRW-waterlichamen en overige wateren op Voorne-Putten, Hoeksche Waard en Goeree-Overflakkee. In nauwe samenwerking met het waterschap zijn hiertoe eerst de ruimtelijke grenzen van de afwateringsgebieden bepaald en vervolgens waar en hoeveel in die gebieden water wordt ingelaten en afgevoerd naar andere gebieden. In deze door de WUR ontwikkelde methode worden per afwateringsgebied met regio-specifieke perceelkenmerken rekeneenheden van het landelijke model STONE geselecteerd om de af- en uitspoeling uit landbouwgronden en natuurgronden te berekenen en daarmee onderscheid te maken tussen de uitspoeling die voortkomt uit actuele bemesting, historische mestgiften, atmosferische depositie, kwel en lokaal geïnfiltreerd oppervlaktewater. De overige nutriëntenbronnen worden in ECHO toegevoegd vanuit de EmissieRegistratie en/of meer regio specifieke informatie van het waterschap, waaronder effluent van rioolwaterzuiveringen, inlaat en uitgemalen water. In ECHO worden per gebied de bronnen van stikstof en fosfor gesommeerd en met deze belasting berekend hoeveel retentie van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater optreedt. De uitgaande debieten en stofvrachten worden gevalideerd voor die afwateringsgebieden waar hiervoor geschikte metingen beschikbaar zijn.

Parallel hieraan zijn door ARCADIS de watersystemen nader geanalyseerd. In deze analyse wordt met name nagegaan hoe het watersysteem ecologisch functioneert vanuit de systematiek van ecologische sleutelfactoren. Voor die analyse heeft ARCADIS in meer detail uitgezocht hoeveel water vanuit de Rijkswateren wordt ingelaten, met name ook de hoeveelheden die voor het doorspoelen worden ingelaten. In de meeste afwateringsgebieden is in ECHO gebruikgemaakt van die schattingen.

Nadat de belasting, herkomst en retentie in het oppervlaktewater met ECHO zijn gekwantificeerd, zijn de effecten van het generieke mestbeleid conform het 5^e NAP op de af- en uitspoeling berekend alsmede de effecten van de volgende typen landbouwmaatregelen: onderwaterdrainage, bodemverbetering, precisiebemesting en verlaging stikstofoverschot melkveebedrijven (aangeduid als 'kringloop-wijzer-plus').

Voor de deelgebieden IJsselmonde en het Eiland van Dordrecht is de nutriëntenbelasting op een meer globaal niveau in beeld gebracht op basis van een landelijke bronnenanalyse die in 2016 is uitgevoerd.

Uit het onderzoek blijkt dat in de meeste afwateringsgebieden een groot deel (meer dan de helft) van de nutriëntenbelasting wordt bepaald door af- en uitspoeling vanuit landbouwgronden. Wel zijn er grote verschillen tussen de afwateringsgebieden qua belasting en herkomst. Voor stikstof wordt de af- en uitspoeling vooral bepaald door actuele bemesting en in iets mindere mate door (seminatuurlijke) nalevering van de bodem. Voor fosfor wordt de af- en uitspoeling vooral bepaald door historische mestgiften, nalevering uit de landbouwbodem en kwel. De af- en uitspoeling van fosfor is in Goeree-Overflakkee duidelijk minder dan in de Hoeksche Waard en Voorne-Putten. Andere belangrijke bronnen zijn inlaat en doorspoelen met Rijkswater, stikstofdepositie, en in een paar afwateringsgebieden ook RWZI's.

Het aandeel van deze bronnen is in het zomerhalfjaar groter dan in het winterhalfjaar, omdat vooral in de zomer water wordt ingelaten en RWZI's een redelijk constante belasting geven, terwijl de af- en uitspoeling in de zomer beduidend minder is dan in het winterhalfjaar. In de gebieden waar de water- en nutriëntenbalans gevalideerd kan worden aan beschikbare metingen, sluiten de berekende uitgaande debieten en stofvrachten goed aan op hetgeen uit de metingen kan worden afgeleid.

Op basis van de herkomst in het zomerhalfjaar zijn voor de KRW-waterlichamen de achtergrondbelasting en achtergrondconcentraties afgeleid door onderscheid te maken tussen antropogene bronnen en overige bronnen, die beleidsmatig als natuurlijk of seminatuurlijk kunnen worden beschouwd. De som van de belasting van de (semi)natuurlijke bronnen kan beleidsmatig worden bestempeld als achtergrondbelasting. Vervolgens kan dit worden vertaald naar een theoretische achtergrondconcentratie door het aandeel van de achtergrondbelasting in de totale belasting te vermenigvuldigen met de gemeten concentraties in het waterlichaam. Deze methode is toegepast voor de afwateringsgebieden van de KRW-waterlichamen in Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en Hoeksche Waard.

Voor de berekening van de achtergrondbelasting is ervan uitgegaan dat de volgende bronnen beleidsmatig als natuurlijk of seminatuurlijk worden beschouwd:

- a. Een deel van uitspoeling landbouwgrond: nalevering landbouwbodem, kwel (naar het bodemprofiel), atmosferische depositie en infiltratie;
- b. Uitspoeling uit natuurgonden en uit openbaar groen in stedelijk gebied;
- c. Atmosferische depositie en directe kwel naar open water;
- d. Inlaat vanuit Rijkswateren (alleen in de hoofdwatgangen).

Voor de hoofdwatgangen is een achtergrondbelasting voor stikstof berekend van gemiddeld 63% en voor fosfor gemiddeld 77%. Dit levert met de gemeten concentraties op de uitstroompunten achtergrondconcentraties voor stikstof op van gemiddeld 0,9 tot 2,2 mg N/l (gemiddeld 1,5 mg N/l) en voor fosfor 0,04 tot 0,61 mg P/l (gemiddeld 0,18 mg P/l). In de haarvaten van deze afwateringsgebieden is geen of nauwelijks invloed van inlaatwater. Daar is een achtergrondbelasting voor stikstof berekend van gemiddeld 47% en voor fosfor gemiddeld 70%. Dit levert met de concentraties die in de haarvaten worden gemeten achtergrondconcentraties voor stikstof op van 0,4 tot 1,9 mg N/l (gemiddeld 1,1 mg N/l) en voor fosfor 0,08 tot 0,46 mg P/l (gemiddeld 0,16 mg P/l).

Aan het einde van de KRW-planperiode (2027 – 2030) zal de af- en uitspoeling uit landbouwgronden door het generieke mestbeleid conform het 5^e NAP een paar procent afnemen ten opzichte van de huidige uit- en afspoeling uit landbouwgronden. Verdere afname kan voor stikstof bewerkstelligd worden als met een hoge implementatiegraad maatwerkmaatregelen worden uitgevoerd zoals die met het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer worden voorgestaan. Gecombineerd met het effect van mestbeleid conform het 5^e NAP is een maximale reductie van de af- en uitspoeling van stikstof berekend van circa 11 à 23%. Voor fosfor zijn voor een significante afname van de af- en uitspoeling uit landbouwgronden andere typen maatregelen nodig.

Met de berekende herkomst en hieruit afgeleide theoretische achtergrondconcentraties kan worden nagegaan waar het voor de hand ligt om KRW-doelen voor nutriënten technisch bij te stellen. Ook biedt het inzicht in de (on)mogelijkheden om de belasting te verlagen. Ondanks dat de effecten van landbouwmaatregelen gering lijken, zijn er goede argumenten om maatwerkmaatregelen te stimuleren voor een beteren benutting van nutriënten door de landbouw- en akkerbouwbedrijven, omdat dit bij mogelijk kan dragen aan een positiever bedrijfsresultaat én aan een betere waterkwaliteit.

Om stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater substantieel verder te verlagen, kan het effectief zijn om maatregelen te nemen in en nabij de watgangen. Dit kan door vergroening van de slootranden (kruidenrijke akkerranden, bufferstroken), hetgeen ook bijdraagt aan biodiversiteit, maar ook door de sloten op diepte te houden en slootmaaisel te verwijderen. De potentie van zulke maatregelen kan globaal ingeschat worden met een kwantitatieve methode die recentelijk door de WUR is ontwikkeld.

Aanbevolen wordt om met gerichte monitoring meer inzicht te verwerven in de waterbalansen en met name daarbij ook kijken naar de hoeveelheden en doelmatigheid van water dat wordt ingelaten voor het doorspoelen. Daarbij wordt ook aanbevolen om meer kennis op te bouwen over de huidige retentie en de rol die de waterbodem daarin speelt, bijvoorbeeld door het monitoren van de kwaliteit en potentiële nalevering van de waterbodems, de hoeveelheden en samenstelling van bagger en waterplanten die uit de watergangen worden verwijderd en uitbreiding van meetlocaties op de uitwisselpunten van de afwateringsgebieden.

Lijst met definities

Bronnen	In deze studie: oorzaken van het vrijkomen van de stikstof en de fosfor die in het oppervlaktewater en grondwater terechtkomen.
Diffuse bronnen	Bronnen van verontreiniging die niet eenduidig op een bepaalde plek hun oorsprong hebben, maar over een groter gebied plaatsvinden. Voorbeelden zijn verontreinigingen afkomstig uit de landbouw en het verkeer die via atmosferische depositie en uit- en/of afspoeling van gronden het grond- en oppervlaktewater bereiken.
Kaderrichtlijn Water	De Europese Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG) is in 2000 van kracht geworden en heeft als doel de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen. In Nederland vertaalt de Rijksoverheid de Kaderrichtlijn Water (KRW) in landelijke beleidsuitgangspunten, kaders en instrumenten. De minister van Infrastructuur en Milieu is eindverantwoordelijk voor de uitvoering van de KRW.
KRW-waterlichaam	In de KRW is een groot deel van het oppervlaktewater aangewezen als waterlichaam. Een waterlichaam is een 'onderscheiden oppervlaktewater van aanzienlijke omvang, zoals een meer, een waterbekken, een stroom, een rivier, een kanaal, een overgangswater of een strook kustwater'. Voor deze wateren moet de toestand van het aquatisch ecosysteem beschreven worden.
Afwateringsgebied	Het beïnvloedingsgebied dat afwatert op een bepaald oppervlaktewaterlichaam. Grenzen tussen beïnvloedingsgebieden zijn op te vatten als waterscheidingen. Afwateringsgebieden worden ook wel aangeduid als (deel)stroomgebied, vanggebied en catchment.
Ecologische doelen	De Europese Commissie eist via de KRW dat lidstaten ecologische doelstellingen formuleren. In Nederland zijn 42 verschillende KRW-watertypen onderscheiden, waarvoor een beschrijving is gemaakt hoe ze er ecologisch uit zouden zien als er geen of slechts geringe menselijke invloed zou zijn geweest (referentie). Aan de hand van een maatlat voor het Ecologisch Potentieel wordt beoordeeld of de toestand van een water 'zeer goed' (de referentie), 'goed', 'matig', 'ontoereikend' of 'slecht' is. De KRW-norm ligt bij 'goed'.
Regionaal oppervlaktewater	In deze studie worden de regionale waterlichamen soms aangeduid met 'regionaal oppervlaktewater'. De regionale wateren zijn vrijwel altijd in beheer bij waterschappen.
afwateringsgebied	Het beïnvloedingsgebied dat afwatert op een bepaald oppervlaktewaterlichaam. Grenzen tussen beïnvloedingsgebieden zijn op te vatten als waterscheidingen.
KRW-doelgat en reductieopgave	Het KRW-doelgat is het verschil tussen de huidige ecologische toestand van het oppervlakte-water en de toestand 'goed'. De reductieopgave van nutriënten is een zodanige verlaging van de nutriëntenbelasting dat deze belasting geen belemmering meer vormt voor het bereiken van de goede ecologische toestand. Deze opgave is berekend door de totale inkomende vracht (kg fosfor of kg stikstof) te vermenigvuldigen met de reductiedoelstelling van de concentraties die in het zomerhalfjaar op de KRW-metpunten worden gemeten. Op basis van de herkomst van de belasting kan de reductieopgave naar verdeeld over de sectoren naar rato van hun aandeel in de nutriëntenbelasting.

Achtergrondbelasting		Op basis van de herkomst van bronnen is onderscheid gemaakt in een beleidsmatige indeling van antropogene bronnen en overige bronnen die als natuurlijke of semi-natuurlijk zijn beschouwd. De som van de belasting van de (semi)natuurlijke bronnen is wordt in dit rapport aangeduid als achtergrondbelasting. Hieronder valt het deel van de uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden die niet door bemesting wordt gedreven (kwel, depositie, mineralisatie en uitloging), uit- en afspoeling uit natuurgebieden en atmosferische depositie op open water.
Theoretische achtergrondconcentraties		De achtergrondbelasting is vertaald in een theoretische achtergrondconcentratie door het aandeel van de achtergrondbelasting in de totale belasting te vermenigvuldigen met de gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van het betreffende waterlichaam.
Generiek mestbeleid		Het stelsel van gebruiksnormen en gebruiksvoorschriften voor bemesting zoals dat van kracht is voor landbouwbedrijven.
Agrarische bedrijfsvoering		In deze studie: het landbouwkundig handelen dat leidt tot overschotten van stikstof en/of fosfor die op het veld en/of in de bodem achterblijven.
Mest		In deze studie is het begrip 'mest' gekoppeld aan mestgift of bemesting en wordt er de som van kunstmest en dierlijke mest mee aangeduid.
Overige agrarische emissies		Emissies door het meemesten van sloten, glastuinbouw en erfafspoeling.
Retentie		De opname door planten en de afbraak, omzetting en vastlegging van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater en in sediment direct grenzend aan oppervlaktewater door biologische en chemische processen.
Af- en uitspoeling landbouwgronden	Actuele bemesting	De toegediende mestgiften in het jaar waarin het berekende overschot, uitspoeling en/of toestand van de bodem wordt geëvalueerd.
	Historische bemesting of bemesting in het verleden	De toegediende mestgiften de jaren voorafgaand aan het jaar waarin het berekende overschot, uitspoeling en/of toestand van de bodem wordt geëvalueerd. Het begrip historische bemesting wordt meestal gebruikt in de context van na-ijling van of nalevering uit in het verleden opgebouwde voorraden in de bodem, hetgeen vooral voor fosfor lang (decennia) kan duren.
	Nalevering landbouwgrond	Af- en uitspoeling die niet gerelateerd is aan bemesting, maar aan de nalevering door bodemprocessen, zoals mineralisatie van veen of de uitloging van in het verleden opgehoopte fosfaat afkomstig uit kwel.
	kwel	Uitspoeling die niet gerelateerd is aan bemesting, maar aan de kwel die optreedt vanuit de diepere ondergrond naar het bodemprofiel.
	infiltratie	Uitspoeling van lokaal oppervlaktewater dat eerder (met name in de zomer) in het bodemprofiel is geïnfilteerd.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

Schoon en gezond water is een essentiële randvoorwaarde voor planten en dieren en een belangrijk onderdeel van een gezonde leefomgeving. De waterkwaliteit is de afgelopen decennia weliswaar verbeterd, maar Nederland heeft nog belangrijke opgaven.¹ Voor het nieuwe beleid, de Delta-Aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater (DAWZ)², werken overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstituten samen om de waterkwaliteit te verbeteren en de doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in 2027 te bereiken. Een van de zorgpunten voor het bereiken van de KRW-doelen is de hoge nutriëntenbelasting vanuit landelijk gebied.³ Ook voor het Waterschap Hollandse Delta is dit een zorgpunt.

In de Stroomgebiedsbeheerplannen voor de 3^e periode (2022-2027) moet Nederland de definitieve keuzes maken over de doelen van de waterlichamen en in te zetten maatregelen. Ter voorbereiding hierop wil waterschap Hollandse Delta beter inzicht krijgen in de werking van zijn watersystemen en – op basis daarvan – de (on)mogelijkheden om de ecologische toestand te verbeteren. Hiervoor worden voor alle waterlichamen van het waterschap watersysteemanalyses uitgevoerd. Een belangrijke input voor deze analyse is het opstellen van een nutriëntenbalans en daarbij het achterhalen van de herkomst van de verschillende nutriëntenstromen. Vanuit de herkomst wil het waterschap bepalen wat haalbare nutriënten- en ecologische doelen in de waterlichamen zijn en ook nutriëntendoelen voor de niet-waterlichamen vaststellen. Ook wil het waterschap inzicht krijgen in de effectiviteit van mitigerende maatregelen.

1.2 Projectdoelstelling en projectresultaat

Het doel van de studie is i) het kwantificeren van de omvang van de nutriëntenbelasting in de waterlichamen, ii) de bronnen van de nutriëntenbelasting ontrafelen in antropogene en natuurlijke/semi-natuurlijke bronnen, iii) theoretische achtergrondconcentraties af te leiden op basis van de herkomst en iv) inzicht verkrijgen in welke type mitigerende landbouwmaatregelen effectief zijn.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de methode van de bronnenanalyse. Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van de bronnenanalyse: de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, de plausibiliteit van de modelberekeningen, de herkomst van deze nutriënten en de hiervan afgeleide achtergrondbelasting en de theoretische achtergrondconcentraties. Hoofdstuk 4 gaat in op het effect van maatregelen om de diffuse nutriëntenbelasting vanuit de landbouw te verlagen. De conclusies en aanbevelingen zijn opgenomen in hoofdstuk 5.

¹ Adviescommissie water, advies waterkwaliteit, 9 mei 2016.

² Waterkwaliteit zoetwater en waterketen, brief van Minister Schulz aan de 2e kamer voor Wetgevingsoverleg Water, 14 november 2016.

³ Gaalen, F. van et al. (2016), Waterkwaliteit nu en in de toekomst. Eindrapportage ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, Den Haag: PBL.

2 Methode

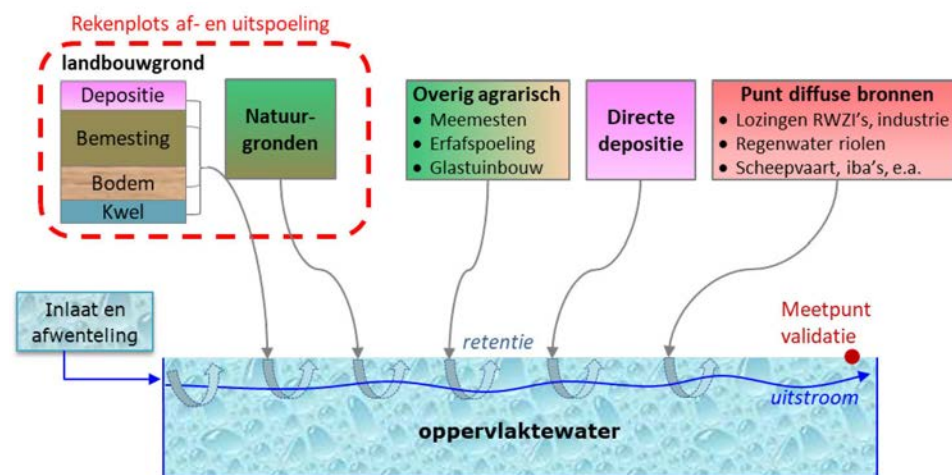
2.1 Aanpak op hoofdlijnen

Voor het beantwoorden van de kennisvragen uit dit onderzoek is gebruikgemaakt van de ECHO-systematiek, die bestaat uit meerdere onderdelen (zie kader).

ECHO-methodiek

De ECHO-methodiek combineert model- en data-analysetechnieken die zijn ontwikkeld voor de ex-ante-evaluatie van de KRW, de Evaluatie van de Meststoffenwet en monitoring- en modelstudies op regionaal niveau. De ECHO-methodiek bestaat uit verschillende onderdelen die, afhankelijk van de kennisvragen, uitgevoerd kunnen worden:

1. Stoffenbalansen: opstellen van stofbalansen voor waterlichamen/afvoergebieden waarin transparant inzicht wordt gegeven in:
 - uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurbodems;
 - in- en uitgaande nutriëntenvrachten op basis van metingen (debieten en concentraties);
 - overige punt- en diffuse bronnen uit de Emissieregistratie, aangevuld met regionale gegevens;
 - retentie van nutriënten in het oppervlaktewater, inclusief waterbodem.
2. Uit- en afspoeling landelijk gebied
 - a. herschikkingsprocedure: verbeteren van de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden door de landelijke geschematiseerde SWAP-ANIMO-rekenplots van STONE met regionale informatie te Herschikken;
 - b. SWAP-ANIMO-berekeningen (optioneel): verbeteren van de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden door nieuwe berekeningen met SWAP-ANIMO uit te voeren met regionale informatie.
3. Plausibiliteitstool:
 - a. toetsing: vergelijking van de berekende en uit metingen afgeleide N- en P-vrachten naar het oppervlaktewater om inzicht te krijgen in de plausibiliteit van de modeluitkomsten/meetgegevens;
 - b. onzekerheidsanalyse: hiermee wordt inzicht verkregen in de betrouwbaarheid (onzekerheden) van de met ECHO berekende nutriëntenvrachten en meetgegevens.
4. Herkomstanalyse: ontrafelen van de herkomst en beïnvloedbaarheid van de nutriëntenbronnen van de uit- en afspoeling (actuele en historische bemesting, kwel, atmosferische depositie op landbouwgronden, nalevering landbouwbodems, uit- en afspoeling natuurbodems).
5. Effecten maatregelen
 - a. kwantificeren van de effecten van beleid (Generiek mestbeleid, Stroomgebiedbeheerplannen) op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater;
 - b. kwantificeren van de effecten van aanvullende (landbouwkundige) maatregelen op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater.



In overleg met het waterschap is nagegaan welke onderdelen (of subonderdelen) van de ECHO-systematiek noodzakelijk zijn voor het beantwoorden van de kennisvragen en welke onderdelen wenselijk zijn. Daarop is gekozen om de onderdelen 2b en 3b niet uit te voeren.

Bij het opstellen van de stoffenbalans (punt 1 in bovenstaand kader) is op een aantal punten afgeweken van bovenstaande aanpak:

- Ingaande nutriëntenvrachten: voor het afleiden van de hoeveelheid inlaatwater in de polders is geen gebruikgemaakt van metingen, omdat de meetgegevens hiervoor niet toereikend zijn (onvolledige reeks of niet beschikbaar), maar is gebruikgemaakt van modelberekeningen (zie paragraaf 2.4).
- Emissies vanuit het stedelijk gebied: de EmissieRegistratie geeft voor het stedelijk gebied alleen de bijdrage van regenwaterriolen en overstorten (deze bijdrage zit in de term 'overige bronnen'). De nutriëntenbelasting vanuit stedelijk groen (uit- en afspoeling) wordt hierin niet meegenomen. In deze studie is een schatting gemaakt van de nutriëntenbelasting van deze bron.
- Nutriëntenbelasting via directe kwel: directe kwel op waterlopen mist in de EmissieRegistratie, maar kan toch een significante nutriëntenbron zijn, met name in grotere en diepere waterlopen. Daarom is deze bron aanvullend bepaald in dit onderzoek.

De in dit onderzoek doorlopen stappen zijn weergegeven in Tabel 2.1. In de volgende paragrafen worden de stappen nader toegelicht.

Tabel 2.1 *Het in deze studie gevolgde stappenplan ter bepaling van de herkomst van de nutriëntenbelasting in het landelijk gebied van het beheergebied van Hollandse Delta en de theoretische achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater.*

Stappen	Werkzaamheden
Stap 1. Verzamelen gebiedsinformatie over de kenmerken van het studiegebied (paragraaf 2.2 en 2.3)	<ul style="list-style-type: none"> – Landgebruik, bodem- en GT-kaart – Debieten in- en uitlaat bemalingsgebieden – N- en P-concentraties in- en uitlaatwater – Kwel/wegzijging
Stap 2. Regionaliseren van SWAP-ANIMO-rekenplots ter nauwkeurigere berekening van de uit- en afspoeling (Herschikkingsprocedure) (paragraaf 2.4)	<ul style="list-style-type: none"> – Analyse routing en begrenzing afwateringsgebieden – Uitvoeren herschikkingsprocedure: koppelen SWAP-ANIMO-rekenplots aan 25x25m grids o.b.v. LGN7, bodem- en Gt-kaart
Stap 3. Opstellen water- en stoffenbalans (periode 2000-2013) en toetsing (paragraaf 2.5)	<ul style="list-style-type: none"> – Berekening waterbalansen – Kwantificeren overige punt- en diffuse bronnen – Afleiden retentiefactoren – Vrachtberekeningen (in- en uitlaat) – Validatie berekende en uit metingen afgeleide uitgaande debieten, N- en P-vrachten
Stap 4. Bronnenanalyse en achtergrondbelasting (paragraaf 2.6)	<ul style="list-style-type: none"> – Doortrekken uit- en afspoelingsberekeningen naar einde KRW-planperiode (2027) conform mestbeleid 5^e NAP – Analyse herkomst bronnen achter uit- en afspoeling (voor situatie in 2027) – Onderverdeling nutriëntenbelasting naar beïnvloedbaarheid en achtergrondbelasting
Stap 5. Effecten mestbeleid en landbouwmaatregelen op uit- en afspoeling (paragraaf 2.7)	<ul style="list-style-type: none"> – Berekening effect enkele type landbouwmaatregelen op de nutriëntenbelasting

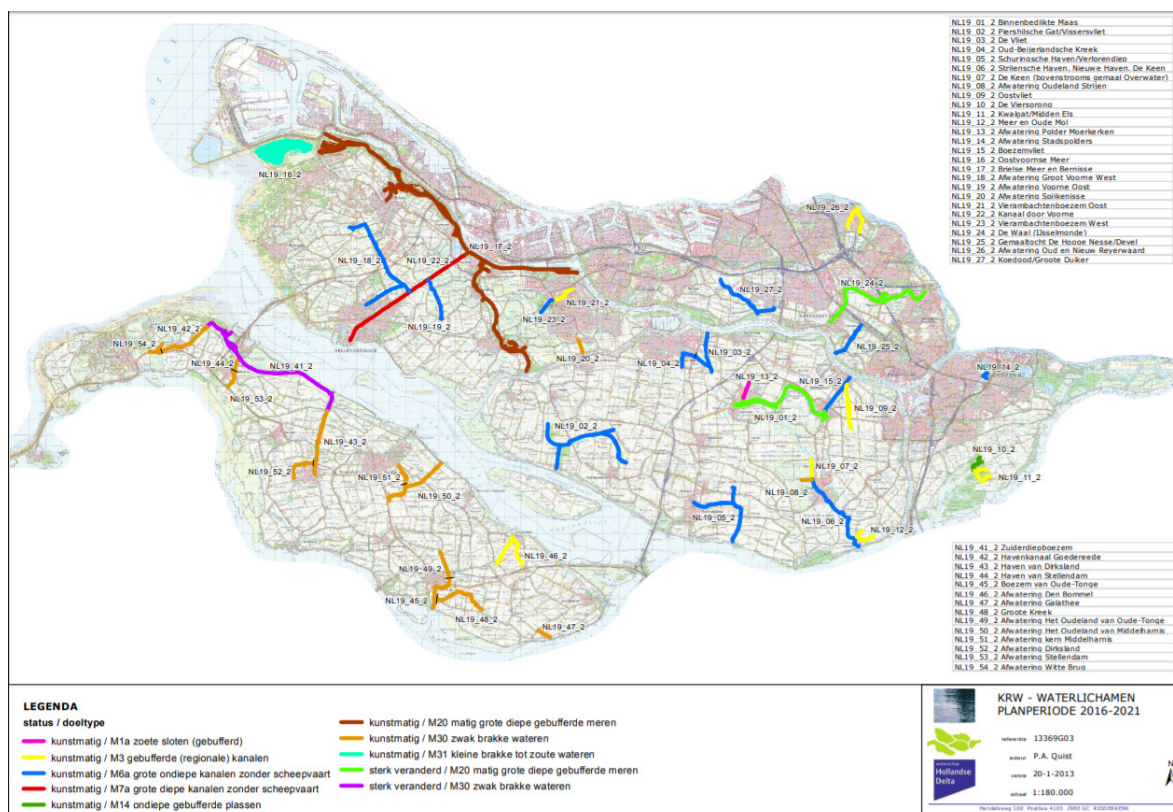
2.2 Beschrijving studiegebied

Gebiedsindeling

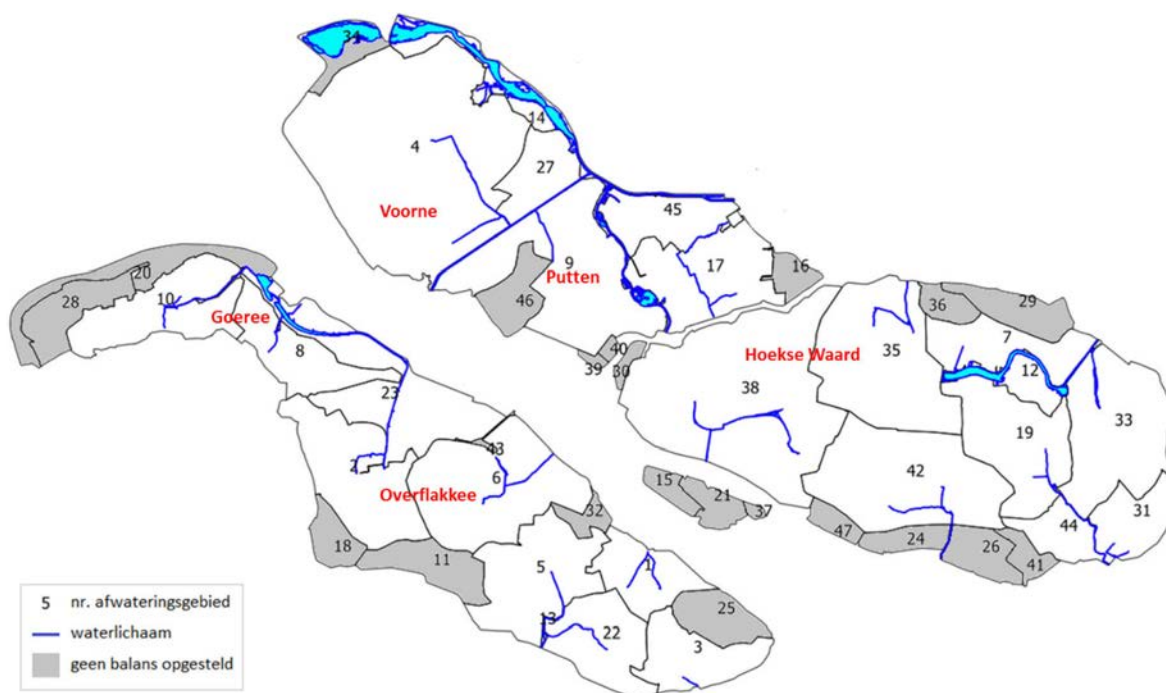
De studie richt zich met name op de waterlichamen op Voorne-Putten, Hoeksche Waard en Goeree-Overflakkee. Voor de overige wateren in deze gebieden is de nutriëntenbelasting alleen beschouwd voor de interne bronnen; inlaat van (rijks)water en afwenteling van water zijn hierin niet meegenomen. Als eerste stap is het studiegebied ruimtelijk ingedeeld in afwateringsgebieden, zodanig dat voor ieder oppervlaktewaterlichaam een apart afwateringsgebied (ook wel aangeduid als

vanggebied of catchment) is gedefinieerd. Ook zijn voor de overige wateren de afwateringsgebieden afgeleid. De regionale KRW-waterlichamen zijn weergegeven in Figuur 2.1. De onderscheiden afwateringsgebieden op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en Hoeksche Waard zijn weergegeven in Figuur 2.2 en Tabel 2.2 en 2.3.

De nutriëntenbalans is ook globaal opgesteld voor afwateringsgebieden op het Eiland van Dordrecht en IJsselmonde (Figuur 2.3). De nutriëntenbalansen van deze gebieden zijn ontleend aan de landelijke studie waarin de landbouw- en KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren zijn berekend (Groenendijk et al., 2016). Omdat de afwateringsgebieden die zijn gehanteerd in de studie uit 2016 niet exact overeenkomen met de afwateringsgebieden (GAF-bieden) van de waterschappen, is een aantal GAF-gebieden geclusterd. Een aantal GAF-gebieden ligt niet binnen de gebiedsindeling van de landelijke studie, zodat voor deze gebieden geen nutriëntenbalans beschikbaar is.



Figuur 2.1 De KRW-waterlichamen in het beheersgebied van Waterschap Hollandse Delta (Bron Geoportaal WSHD).



Figuur 2.2 Indeling van het studiegebied in afwateringsgebieden. De namen van de nummers van de gebieden zijn aangegeven in Tabel 2.1 en 2.2.



Figuur 2.3 De gebieden op het Eiland van Dordrecht en IJsselmonde waar op basis van de landelijke studie (Groenendijk et al., 2016) de stikstof- en fosforbalans is opgesteld.

Tabel 2.2 De gebieden waarvoor de nutriëntenbelasting, -balans en herkomst is berekend.

ID	Afwateringsgebieden waterlichamen	Areaal (ha)
Goeree-Overflakkee		
1	Afwatering Den Bommel	1.193
2	Afwatering Dirksland	2.458
3	Afwatering Galathee	1.312
5	Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	2.311
6	Afwatering kern Middelharnis / Afwatering Het Oudeland van Middelharnis	3.213
8	Afwatering Stellendam	1.437
10	Afwatering Witte Brug	2.028
13	Boezem van Oude-Tonge	26
22	Groote Kreek	1.579
23	Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	2.891
Voorne-Putten		
4	Afwatering Groot Voorne West	8.134
9	Afwatering Voorne Oost	3.561
14	Brielse Meer en Bernisse	1.455
17	De Dalle	2.209
27	Kanaal door Voorne	1.041
45	Vierambachtenboezem West / Vierambachtenboezem Oost	1.192
Hoeksche Waard		
7	Afwatering Polder Moerkerken	1.334
12	Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	655
19	De Keen (bovenstrooms gemaal Overwater) / Afwatering Oudeland Strijen	2.253
31	Meer en Oude Mol	1.021
33	Oostvliet	2.814
35	Oud-Beijerlandsche Kreek / De Vliet	3.467
38	Piershilsche Gat/Vissersvliet	6.070
42	Schuringsche Haven / Verlorendiep	3.443
44	Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	738

Tabel 2.3 De overige wateren waarvoor alleen de interne bronnen zijn gekwantificeerd.

ID	Vanggebieden waterlichamen	Areaal (ha)
Goeree-Overflakkee		
11	Battenoord	917
18	De Drie Polders	481
20	Duinen Goeree	1.058
25	Het Oudeland en havenkanaal van Ooltgensplaat	763
28	Kilhaven	958
32	Nieuwe Stad	263
43	Spuipolder en havenkanaal van Middelharnis	43
Hoeksche Waard		
15	Gecombineerde Middenpolder op Tiengemetten	396
21	Havenkanaal Numansdorp, Torenstee Polder, Molen Polder	408
24	Hogezandsepolder	642
26	Kuipersveer	759
29	Oude Haven Heinenoord, Oud Heinenoord	349
36	Oude Polder op Tiengemetten	49
37	Raepschille	315
41	Westerse Polder	264
47	Gecombineerde Middenpolder op Tiengemetten	396
Voorne-Putten		
16	Buitengebied Putten-Oost	326
34	Leenheerenpolder	127
39	Oostvoornse Meer	646
40	Polder Beningerwaard	59
46	Polder Zuidoord	67
15	Voorne Oost-Zuid	704
21	Buitengebied Putten-Oost	326
37	Leenheerenpolder	127

Landgebruik

Het landgebruik is weergegeven in Figuur 2.4. Het landgebruik per regio zoals afgeleid van LGN7 is weergegeven in Tabel 2.4. Het dominante landgebruik voor Goeree-Overflakkee, Hoeksche Waard en Voorne-Putten is met name akkerbouw en grasland (opgeteld > 50%). Het overige deel is met name stedelijk gebied (11-23%) of natuur (11%). IJsselmonde en het Eiland van Dordrecht bestaan met name uit stedelijk gebied (68% voor IJsselmonde en 49% voor Eiland van Dordrecht), het Eiland van Dordrecht bestaat voor de rest uit ongeveer 30% grasland.

Tabel 2.4 Verdeling landgebruik per regio volgens LGN7 (in ha totaal en percentages totaal).

Stappen	areaal (ha)	akker- bouw	grasland	mais	natuur	glas- tuinbouw	stedelijk	open water
Goeree-Overflakkee	22904	59	15	2,4	11	0,1	11	2,5
Hoeksche Waard	24635	65	14	1,7	3,2	0,3	13	2,2
Voorne-Putten	19375	29	25	3,0	11	1,3	23	7,2
IJsselmonde	12755	9,9	12	1,1	2,7	1,2	68	4,9
Eiland van Dordrecht	4951	34	8,9	1,7	3,2	0,2	49	2,8

Bodemtype en Gt-klasse

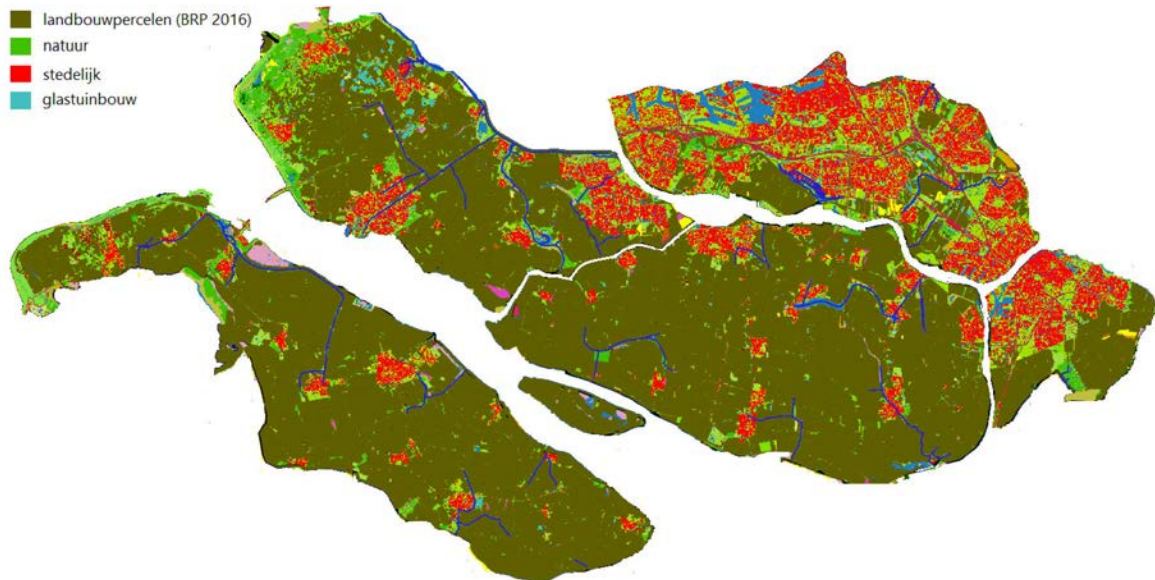
Gegevens over de bodemtypen en grondwatertrappen zijn ontleend aan de 1:50.000-bodemkaart. Deze zijn weergegeven in Figuur 2.5 en 2.6. Er komen hoofdzakelijk kleigronden voor en langs de kust zandgronden. IJsselmonde en het Eiland van Dordrecht zijn voor een groot deel stedelijk gebied. Op Goeree-Overflakkee zijn de bodems overwegend goed ontwaterd (GT VI). Op de andere eilanden komt ook veen voor en zijn de bodems daar (en rondom) veelal natter (GT III-IV-V). De verdeling in grondsoort en Gt-klasse is weergegeven in Tabel 2.5 en 2.6.

Tabel 2.5 Verdeling bodemtype per regio volgens de PAWN-bodemkaart (afgeleide van de 1:50.000- bodemkaart (in ha en percentages totaal)).

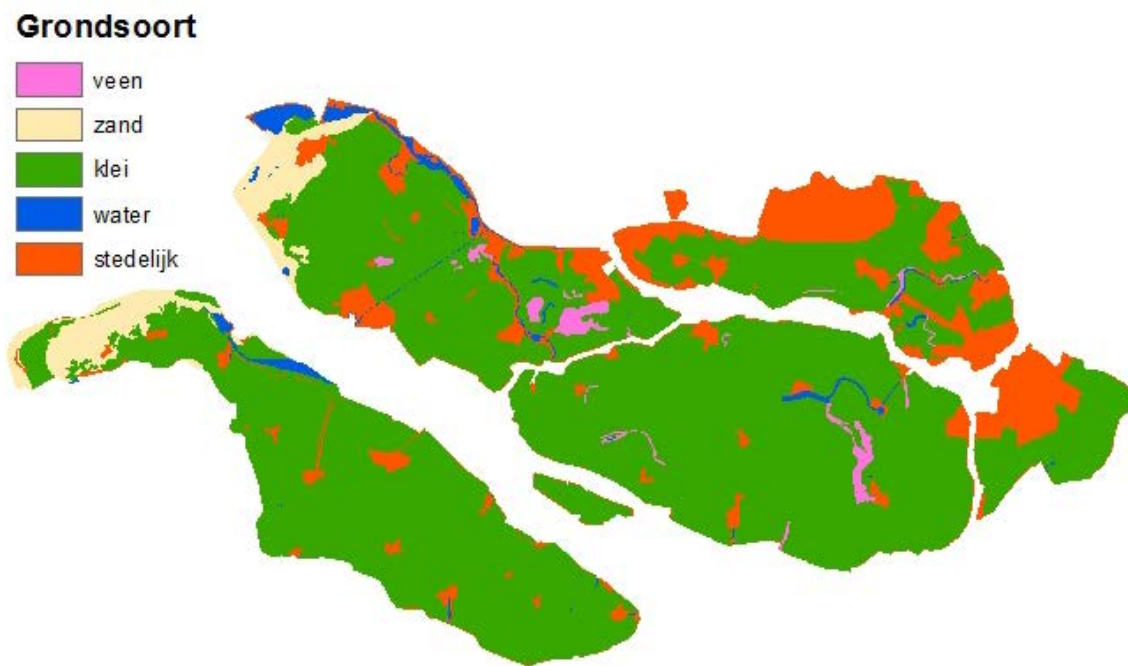
Stappen	Areaal (ha)	Zand	Klei	Veen	Stedelijk	Open water
Goeree-Overflakkee	22767	9,0	85	-	4,7	1,4
Hoeksche Waard	24635	-	94	1,9	3,8	0,7
Voorne-Putten	19374	9,4	68	3,0	14	5,0
IJsselmonde	12755	-	55	0,9	43	0,8
Eiland van Dordrecht	4951	-	61	-	39	0,2

Tabel 2.6 Verdeling Gt-klasse per regio volgens de 1:50.000-bodemkaart (in ha en percentages totaal).

Stappen	Areaal (ha)	I t/m III	IV	V	VI	VI	Niet bekend
Goeree-Overflakkee	22767	3,8	2,6	18	62	1,6	11
Hoeksche Waard	24635	8,3	0,1	50	36	-	5,4
Voorne-Putten	19374	21	9,8	11	37	0,8	20
IJsselmonde	12755	4,2	2,5	33	16	-	45
Eiland van Dordrecht	4951	-	< 0,1%	8,1	51	1,7	39

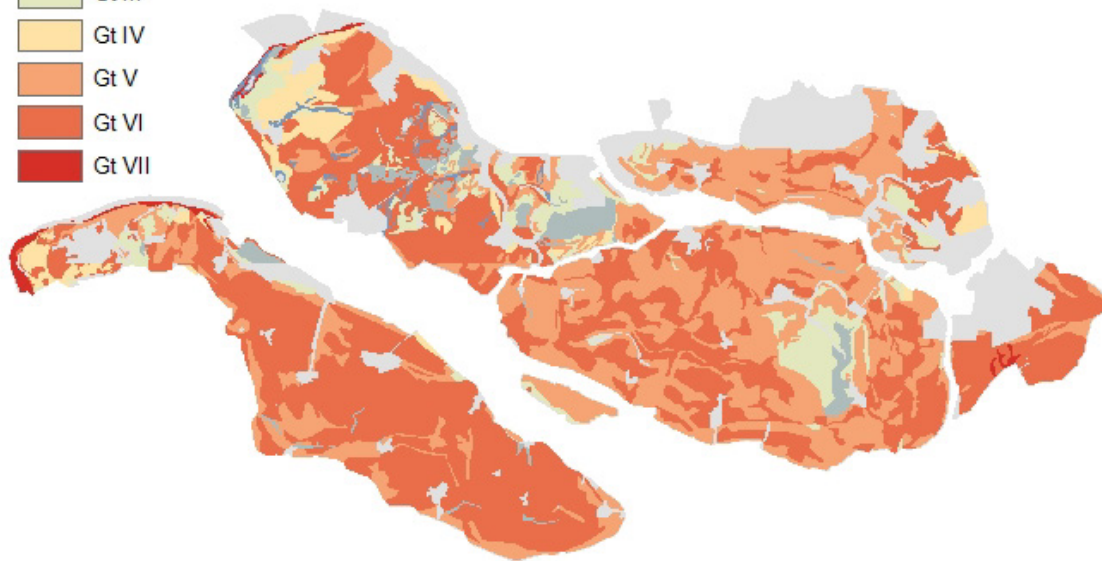
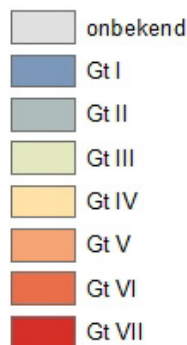


Figuur 2.4 Hoofdindeling landgebruik op basis van LGN7 voor het beheergebied van waterschap Hollandse Delta.



Figuur 2.5 Bodemtype (grondsoort) in het beheergebied van waterschap Hollandse Delta op basis van de PAWN-bodemkaart (afgeleid van de bodemkaart 1:50.000; (Klijn, 1997)).

Gt-klasse



Figuur 2.6 Grondwatertrappen voor het beheergebied van waterschap Hollandse Delta op basis van de bodemkaart 1:50.000.

2.3 Uit- en afspoeling nutriënten uit landelijk gebied

Om de uit- en afspoeling van nutriënten te berekenen, is gebruikgemaakt van SWAP-ANIMO-rekenplots die via een herschikkingsprocedure zijn geregionaliseerd. Deze herschikkingsprocedure (Van Boekel et al., 2013) bestaat uit een tweetal onderdelen: 1) een gebiedsanalyse en 2) een selectie rekenplots. In deze paragraaf wordt de herschikkingsprocedure kort beschreven (een uitgebreidere beschrijving is te vinden in Bijlage 1).

Gebiedsanalyse

De eerste stap in de herschikkingsprocedure is het genereren van een zogenaamde MLBG-kaart op basis van de gebiedskenmerken (Meteorodistrict, Landgebruik, Bodemtype en Gt-klasse). De volgende kaarten zijn hierbij gebruikt:

- Meteorodistricten op basis van PAWN-districten (Kroes et al., 1999; Kroon et al., 2001);
- Landgebruik op basis van het LGN7-bestand (Hazeu et al., 2014);
- Bodemtype op basis van de PAWN-bodemkaart (afgeleid van de 1:50.000-bodemkaart; Klijn, 1997);
- Gt-klasse op basis van de 1:50.000-bodemkaart (Klijn, 1997).

De verschillende kaartlagen zijn gecombineerd tot één kaartlaag met unieke MLBG-eenheden met een resolutie van 25-25m. Deze MLBG-kaart is de input voor de tweede stap van de herschikkingsprocedure (selectieprocedure).

Selectieprocedure SWAP-ANIMO-rekenplots

In de tweede stap zijn voor alle MLBG-eenheden representatieve SWAP-ANIMO-rekenplots (verder afgekort tot rekenplots) gezocht. Bij de zoektocht naar representatieve rekenplots kunnen zich meerdere situaties voordoen:

1. Er worden **meerdere** representatieve rekenplots per eenheid gevonden;
2. Er wordt **één** representatieve rekenplots gevonden;
3. Er kunnen **geen** rekenplots gevonden worden die voldoen aan de opgelegde criteria.

Situatie 1: Wanneer er sprake is van meerdere representatieve rekenplots wordt een gemiddelde uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater berekend. Er is gekozen voor een gemiddelde uit- en afspoeling van de verschillende rekenplots zodat, ongeacht wie de procedure uitvoert, dit altijd tot dezelfde resultaten leidt.

Situatie 2: Indien er één rekenplot gevonden kan worden, wordt de berekende uit- en afspoeling van deze plot toegekend aan een MLBG-eenheid.

Situatie 3: Indien er geen representatieve rekenplots gevonden worden omdat de gewenste combinatie landgebruik, bodemfysische eenheid en Gt-klasse binnen een meteodistrict niet voorkomt, is ervoor gekozen om stapsgewijs steeds meer informatie van de MLBG-eenheden los te laten, net zolang totdat alle eenheden zijn voorzien van een koppeling aan rekenplots. Het stappenplan voor de toekenning van STONE-rekenplots aan MLBG-eenheden is beschreven in Bijlage 1.

In de zoektocht naar representatieve rekenplots waarbij geen fit is voor de combinatie landgebruik, bodemtype, GT en meteoregio, is gezocht naar rekenplots met een redelijk vergelijkbaar bodemtype en redelijk vergelijkbare Gt-klasse. De aansluiting op de onderscheiden klassen qua landgebruik en meteo-regio wordt in de selectieprocedure niet losgelaten (harde criteria). Nadat alle stappen zijn doorlopen, is het mogelijk om aan elke MLBG-eenheid een stikstof- en fosforvrucht toe te kennen.

2.4 Inlaatwater

De aanvoer van nutriënten via inlaatwater wordt in de ECHO-methodiek bij voorkeur bepaald met metingen van de inlaathoeveelheden en metingen van de kwaliteit van dit inlaatwater. Wanneer er gegevens over de inlaat ontbreken, wordt de inlaat in overleg met de waterbeheerders geschat op basis van andere informatiebronnen (literatuur, expert judgement, modellen etc.). Op basis van de beschikbare meetgegevens (debietgegevens en kwaliteitgegevens) is de inkomende nutriëntenvrucht afgeleid voor acht afwateringsgebieden. Dit betreft meestal inlaat via een gemaal. Voor de deelgebieden 1, 2, 3, 6, 8, 23 zijn hiervoor meetgegevens vanaf 2009 beschikbaar. Voor deelgebied 13 vanaf 2012 en voor deelgebied 27 vanaf 2014-2015 (Tabel 2.7).

Een bijkomend probleem om inlaathoeveelheden in te schatten als er geen meetgegevens zijn, is dat er diverse gebieden zijn die worden doorgespoeld met zoetwater om zoutindringing vanuit de bodems te voorkomen. Voor deze gebieden zijn schattingen nodig voor de hoeveelheid doorspoelwater.

Er is een aantal afwateringsgebieden waar de inkomende vrucht afkomstig is van een ander afwateringsgebied (afwenteling). Dit betreft het deelgebied *Kanaal door Voorne* en *Boezem van Oude Tonge*. Het afwateringsgebied *Kanaal door Voorne* 'ontvangt' water van de deelgebieden *afwatering Groot Voorne-West* en *Afwatering Voorne-Oost*, afwateringsgebied *Boezem van Oude Tonge* 'ontvangt' water van de afwateringsgebieden *Afwatering het Oudeland van Oude-Tonge* en *Groote Kreek*.

Voor gebieden waar geen meetgegevens beschikbaar zijn, is gebruikgemaakt van de inlaathoeveelheden die door Arcadis in 2019 zijn berekend voor de watersysteemanalyse die zij uitvoerden voor het Waterschap Hollandse Delta. Voor vier gebieden is een uitzondering gemaakt:

- Voor het afwateringsgebied *Boezem van Oude Tonge* zijn geen inlaatgegevens aangeleverd en is gebruikgemaakt van modelberekeningen;
- Voor afwateringsgebied *Kanaal door Voorne* is gebruikgemaakt van modelberekeningen;
- Voor de afwateringsgebieden *Brielse Meer en Bernisse* en *Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland* is gebruikgemaakt van eerdere onderzoeken die door het waterschap zijn uitgevoerd, omdat de door Arcadis berekende inlaat – gelet op de uitgaande hoeveelheden – sterk wordt onderschat. Voor de watersysteemanalyse heeft Arcadis de inlaathoeveelheden gehanteerd die in de onderhavige studie zijn aangenomen.

Tabel 2.8 geeft een overzicht met welke input/methode de inlaat is gekwantificeerd. In de tabel zijn alleen de afwateringsgebieden weergegeven waarvoor een gedetailleerde nutriëntenbalans is opgesteld.

Tabel 2.7 Overzicht van de beschikbare debietgegevens voor een aantal afwateringsgebieden met bijbehorend kwaliteitsmeetpunt.

Nr.	Afwateringsgebied	Gemaal	Periode met voldoende metingen	Kwaliteitsmeetpunt	Gegevens
1	Afwatering den Bommel	De Bommelse polders	Vanaf 2009	RWS_0120	Vanaf 2010
2	Afwatering Dirksland	Gemaal Smits	Vanaf 2009	FO_01	Vanaf 2008
3	Afwatering Galathee	Gemaal Galathee	Vanaf 2009	RWS_0120	Vanaf 2010
6	Afwatering Middelharnis	Gemaal Koert ¹	Vanaf 2009	RWS_0120	Vanaf 2010
8	Afwatering Stellendam	Gemaal Stellendam	Vanaf 2009	GO_04	Vanaf 2008
13	Boezem van de Oude Tonge	Gemaal De Eendracht	Vanaf 2012	FOP_1101	Vanaf 2008
		Gemaal De Haas van Dorsser	Vanaf 2009	FOP_1001	Vanaf 2008
23	Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	Gemaal Witte brug	Vanaf 2009	GOP_0201	Vanaf 2008
		Gemaal Stellendam	Vanaf 2009	GOP_0301	Vanaf 2008
		Gemaal Smits	Vanaf 2009	FOP_0306	Vanaf 2008
		Inlaatsluis Zuiderdiep	Vanaf 2014	RWS_0114	2008 + 2009
27	Kanaal door Voorne	Gemaal Trouw	Vanaf 2014	BOP_0506	Vanaf 2008
		Gemaal Noordermeer	Vanaf 2015	BOP_1106	Vanaf 2008

Tabel 2.8 Gebruikte bron of methodes waarmee de inlaat van de gebieden is afgeleid.

ID	Naam deelgebied	Gebruikte bron/methodes
1	Afwatering Den Bommel	Arcadis
2	Afwatering Dirksland	Arcadis
3	Afwatering Galathee	Arcadis
4	Afwatering Groot Voorne West	Arcadis
5	Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	Arcadis
6	Afwatering kern Middelharnis / Afwatering Het Oudeland van Middelharnis	Arcadis
7	Afwatering Polder Moerkerken	Arcadis
8	Afwatering Stellendam	Arcadis
9	Afwatering Voorne Oost	Arcadis
10	Afwatering Witte Brug	Arcadis
12	Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	Arcadis
13	Boezem van Oude-Tonge	ECHO
14	Brielse Meer en Bernisse	Literatuur
17	De Dalle	Arcadis
19	De Keen (bovenstrooms gemaal Overwater) / Afwatering Oudeland Strijen	Arcadis
22	Groote Kreek	Arcadis
23	Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	Literatuur
27	Kanaal door Voorne	ECHO
31	Meer en Oude Mol	Arcadis
33	Oostvliet	Arcadis
35	Oud-Beijerlandsche Kreek / De Vliet	Arcadis
38	Piershilsche Gat/Vissersvliet	Arcadis
42	Schuringsche Haven / Verlorendiep	Arcadis
44	Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	Arcadis
45	Vierambachtenboezem West / Vierambachtenboezem Oost	Arcadis

2.5 Overige nutriëntenbronnen

Voor de periode 2006-2013 zijn stofbalansen per jaar opgesteld voor stikstof (N) en fosfor (P) conform de ECHO-methodiek (Kroes et al., 2011). Tabel 2.9 geeft een overzicht van de verschillende posten van de stoffenbalans en de informatie die is gebruikt om deze posten te bepalen. Bij deze bepaling is voor enkele posten afgeweken van de ECHO-methodiek. Het gaat om de posten 'Glastuinbouw', 'Diffuse belasting stedelijk gebied', 'Directe kwel naar oppervlaktewater' en 'Inlaat'. Details per balanspost volgen in de rest van deze paragraaf. De paragraaf sluit af met de toetsing: hoe is de opgestelde nutriëntenbalans getoetst aan de gemeten uitgaande nutriëntenvracht.

Tabel 2.9 Overzicht balanstermen en informatiebronnen voor het opstellen van stofbalansen.

Balansterm	Bron
Inkomende vracht	
Uit- en afspoeling landbouw en natuur	SWAP-ANIMO-berekeningen
Overige landbouwemissies	EmissieRegistratie (versie 2013)
Industriële lozingen	
Atmosferische depositie open water	
RWZI	
Overige emissies	
Diffuse belasting uit stedelijk gebied	SWAP-ANIMO-berekeningen (stedelijk groen) en kentallen (honden, eenden en bladval; WiBo 2015)
Directe kwel naar oppervlaktewater	Kwelflux en N- en P-concentraties kwelwater (landelijke NITG-kaart)
Inlaat	Hoeveelheid inlaat op basis van berekend neerslagtekort en geschatte doorspoelbehoefte en kwaliteit van inlaat op basis van representatieve meetgegevens N- en P-concentraties
Retentie	Rekenmethode o.b.v. areaal open water en bodemsoort (conform werkwijze EMW2012)
Uitgaande vracht	Vrachtberekeningen o.b.v. de aangeleverde debieten van de gemalen en representatieve meetgegevens N- en P-concentraties

Uit- en afspoeling landbouw- en natuurgronden

Voor het afleiden van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden wordt gebruikgemaakt van bestaande SWAP-ANIMO-berekeningen die zijn uitgevoerd in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet. Op basis van de herschikkingsmethode (paragraaf 2.3) zijn de representatieve SWAP-ANIMO-rekenplots geselecteerd.

Diffuse bronnen uit Emissieregistratie

De EmissieRegistratie is de landelijke database waarin de emissies naar bodem, water en lucht voor veel beleidsrelevante stoffen per emissiebron zijn vastgelegd om (inter)nationale rapportageverplichtingen te kunnen nakomen (www.Emissieregistratie.nl). De EmissieRegistratie omvat gegevens van puntbronnen en diffuse bronnen voor de periode vanaf 1990. Emissiebronnen die bijdragen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater zijn in de EmissieRegistratie toegekend aan 34 subdoelgroepen, die vervolgens geclusterd zijn tot 13 doelgroepen (Bijlage 2). Bijlage 3 geeft een overzicht van de bronnen waar in EmissieRegistratie emissies voor nutriënten naar water worden berekend en de indicaties van de betrouwbaarheid van de emissieschattingen.

Conform de ECHO-methodiek worden de doelgroepen geclusterd tot vijf groepen (zie Tabel B2.1):

- LO: overige landbouwemissies (meemesten sloten, afvalwater glastuinbouw, erfafspoeling);
- DW: atmosferische depositie stikstof open water;
- EF: rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's);
- IND: industriële lozingen;
- OV: overige lozingen (o.a. verkeer, huishoudelijk afval, overige emissies).

Voor het vaststellen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit bovenstaande bronnen, is gebruikgemaakt van de EmissieRegistratie versie 2013.

De atmosferische depositie van stikstof op het open water is bijgesteld op basis van het oppervlak aan open water. Dit is gedaan omdat de EmissieRegistratie de hoeveelheid open water vaak onderschat in gebieden waar veel sloten zijn. De belasting door atmosferische depositie op het open water is berekend door het areaal open water zoals dat in deze studie is afgeleid, te vermenigvuldigen met een depositie van 1400 mol/ha. Deze waarde is afgeleid van de landelijke depositiekaart van het RIVM voor het jaar 2013 (<http://geodata.rivm.nl/gcn/>).

De nutriëntenbelasting vanuit landbouw- en natuurgronden is via de herschikkingsmethode afgeleid (zie paragraaf 2.3); er is dus geen gebruikgemaakt van de gegevens zoals die in de EmissieRegistratie zijn opgenomen.

RWZI's

In het studiegebied lozen vijf rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) op de regionale wateren. Deze zijn weergegeven in Tabel 2.10. De grootste belasting komt door de RWZI van Hellevoetsluis. De RWZI's Heenvliet, Hellevoetsluis en Strijen loosden in de periode vóór 2010 jaarlijks driemaal zoveel fosfor. De RWZI Goedereede heeft mogelijk ook invloed op deelgebied Witte Brug. Dit is echter niet meegenomen in de routing van ECHO en dus niet verdisconteerd in de berekende balansen. De RWZI Goudswaard loosde in de modelperiode nog op het Piershilsche Gat / Vissersvliet, maar is in de periode erna geamoveerd (het effluent wordt nu naar RWZI Hellevoetsluis geleid).

Tabel 2.10 Lozingsvrachten RWZI's regionale wateren Hollandse Delta april 2010 - maart 2013 (hydrologisch jaren).

Naam RWZI	Loost op:	N-vracht (kg/j) april 2010 t/m maart 2014	P-vracht (kg/j) april 2010 t/m maart 2014
Goedereede	Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiep-boezem / Haven van Dirksland	4138	547
Heenvliet	Kanaal door Voorne	4701	1768
Hellevoetsluis	Kanaal door Voorne	33192	10782
Goudswaard	Piershilsche Gat / Vissersvliet	3892	178
Strijen	Oostvliet	1238	75

Diffuse belasting uit stedelijk gebied

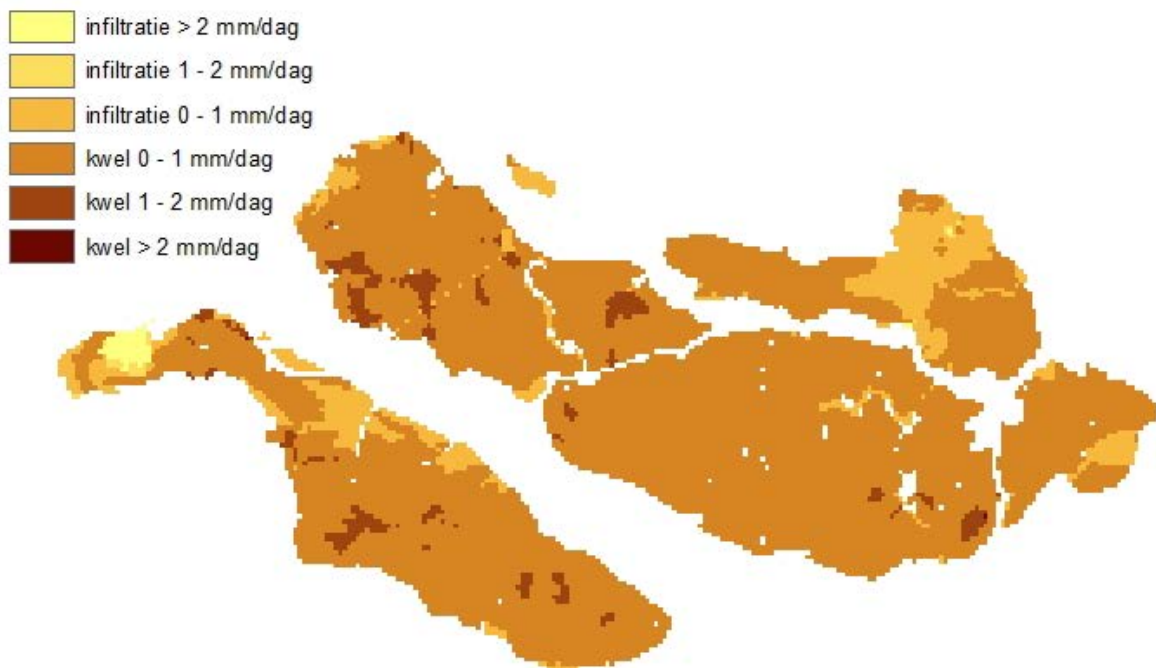
De emissies vanuit het stedelijk gebied zijn niet volledig gedekt door de EmissieRegistratie (ER). De ER houdt wel rekening met de bijdrage van regenwaterriolen en overstorten (deze bijdrage zit in de term 'overige bronnen'), maar houdt geen rekening met de nutriëntenbelasting vanuit stedelijk groen via bronnen als uitwerpselen van honden, eendenvoer en bladval. Deze bronnen zijn daarom aanvullend bepaald in deze studie en benoemd als 'diffuse belasting uit stedelijk gebied'.

Voor stedelijk groen is aangenomen dat deze dezelfde uit- en afspoeling van stikstof en fosfor heeft als een SWAP-ANIMO-rekenplot voor natuur. Voor de belasting via uitwerpselen van honden, eendenvoer en bladval is aangesloten op kentallen voor 'gemiddeld stedelijk gebied' (WiBo, 2015). Deze zijn uitgedrukt per areaal stedelijk water en bedragen 0,25 g P/m²/jaar en 0,36 g N/m²/jaar voor eenden-voer, 0,25 g P/m²/jaar en 0,40 g N/m²/jaar voor uitwerpselen van honden en 0,24 g P/m²/jaar en 2,75 g N/m²/jaar voor bladval. Het oppervlak aan stedelijk water is bepaald door aan te nemen dat uitgaande van voldoende berging open water globaal 5% van het totale stedelijk oppervlak (= stedelijk verhard + stedelijk groen) bestaat uit stedelijk water.

Directe kwel naar oppervlaktewater

Directe kwel kan een significante nutriëntenbron zijn, met name in wateren die diep insnijden in de deklaag. Omdat deze bron niet in de EmissieRegistratie is opgenomen, is deze aanvullend bepaald. Per afwateringsgebied is de kwelflux afgeleid uit de kwelkaart die door het waterschap voor deze studie is aangeleverd en afkomstig is van de studie 'achtergrondbelasting' uit 2002 (zie Figuur 2.7). Daarbij is ingeschat hoeveel van deze kwel direct in de waterlopen terecht komt op basis van het areaal open water in LGN7.

onderrandflux (jaargemiddeld)



Figuur 2.7 Kwelkaart Hollandse Delta.

Per afwateringsgebied is deze kwelflux vervolgens vermenigvuldigd met de stikstof- en fosforconcentraties van de onderrandvoorwaarden van de SWAP-ANIMO rekenplots, welke zijn afgeleid van de landelijke grondwaterkwaliteitskaart die voor de modelinvoer van de onderrandvoorwaarde van STONE door TNO (Griffioen et al 2006) is samengesteld. Voor het areaal open water is gebruikgemaakt van het areaal open water dat ook voor de atmosferische depositie van stikstof is gebruikt. Voor fosfor wordt geen atmosferische depositie gerekend.

2.6 Retentie

Om te bepalen hoeveel nutriënten de polder verlaten (met het oog op de toetsing, zie volgend onderdeel), is het belangrijk om rekening te houden met retentie in het oppervlaktewater. Een deel van de nutriënten dat in de waterlopen terechtkomt, bereikt het uitstroompunt namelijk niet, omdat ze worden vastgelegd, omgezet of verwijderd. Voorbeelden van dergelijke retentieprocessen zijn opname door waterplanten, vastlegging in de waterbodem (via sedimentatie) en gasvormige emissies naar de atmosfeer (denitrificatie).

De retentie is geschat conform de werkwijze die is gehanteerd binnen de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (Van Boekel et al., 2012) en in de studie voor HHNK bij het afleiden van theoretische achtergrondconcentraties (Van Boekel et al., 2015). In de methode wordt onderscheid gemaakt tussen vrij afwaterende gebieden en poldersystemen en de dominante bodemtypen (zand, klei, veen). Bijlage 4 geeft een uitgebreide beschrijving van de methode. Toegespitst op de eigenschappen van het studiegebied zijn de volgende uitgangspunten voor de retentie toegepast:

- Stikstof retentie in klei- en veenpolders:

De retentie van stikstof wordt berekend op basis van de in Tabel 2.11 aangegeven capaciteit van het oppervlaktewatersysteem om stikstof in het zomer- en winterhalfjaar vast te leggen. Deze capaciteit is uitgedrukt in gram per m² waterbodem en betreft het opgetelde effect van denitrificatie en opname door waterplanten. De capaciteit wordt vertaald naar de hoeveelheid stikstofretentie per polder door vermenigvuldiging met het areaal open water volgens het NHI (www.nhi.nu).

Tabel 2.11 Geschatte hoeveelheid stikstofretentie in klei- en veenpolders.

bodemtype	zomerhalfjaar (g N m ⁻²)	winterhalfjaar (g N m ⁻²)
Klei	11,8	5,0
Veen	4,4	1,0

Vanwege deze eerste ordebenadering voor de stikstofdynamiek kan een retentie worden berekend die groter is dan de inkomende hoeveelheid stikstofvracht (de punt- en diffuse bronnen) die in het berekende tijdvak voor de polder is berekend. Derhalve wordt een limitering toegepast van maximaal 90% retentie op de inkomende stikstofvracht.

- Fosfor retentie polders:

Voor de fosforretentie in poldersystemen zijn dezelfde retentiefactoren aangehouden die zijn gehanteerd bij de evaluatie van de Meststoffenwet 2012. Voor de uit- en afspoeling is een vaste retentiefactor gebruikt van 0,5 en voor de andere bronnen is een vaste retentiefactor van 0,2 aangehouden.

De retentiefactor is toegepast op het totaal aan inkomende nutriëntenvracht (zie Tabel 2.4). Met de op deze manier bepaalde retentievracht kan de netto uitgaande nutriëntenvracht worden berekend (= inkomende nutriëntenvracht minus retentie).

Voor de beoordeling van de ecologie kan nalevering vanuit waterbodems van met name fosfor een belangrijke factor zijn. In de systematiek van de Ecologische Sleutel Factoren (ESF) wordt voor ESF1 'productiviteit water' in eerste instantie gekeken naar de externe nutriëntenbelasting, dus zonder nalevering vanuit de waterbodem. Deze externe belasting (in de onderhavige studie de som van de berekende punt- en diffuse bronnen en waterinlaat) wordt vervolgens vergeleken met de kritische belasting die een watersysteem kan hebben zodat er geen dominantie van algen of kroos ontstaat. Bij het afleiden van die kritische belasting wordt rekening gehouden met nalevering vanuit de waterbodem. ESF3 'productiviteit waterbodem' gaat over de hoeveelheid nutriënten in de waterbodem, met het idee dat een nutriëntrijke bodem leidt tot woekering van ondergedoken/wortelende waterplanten.

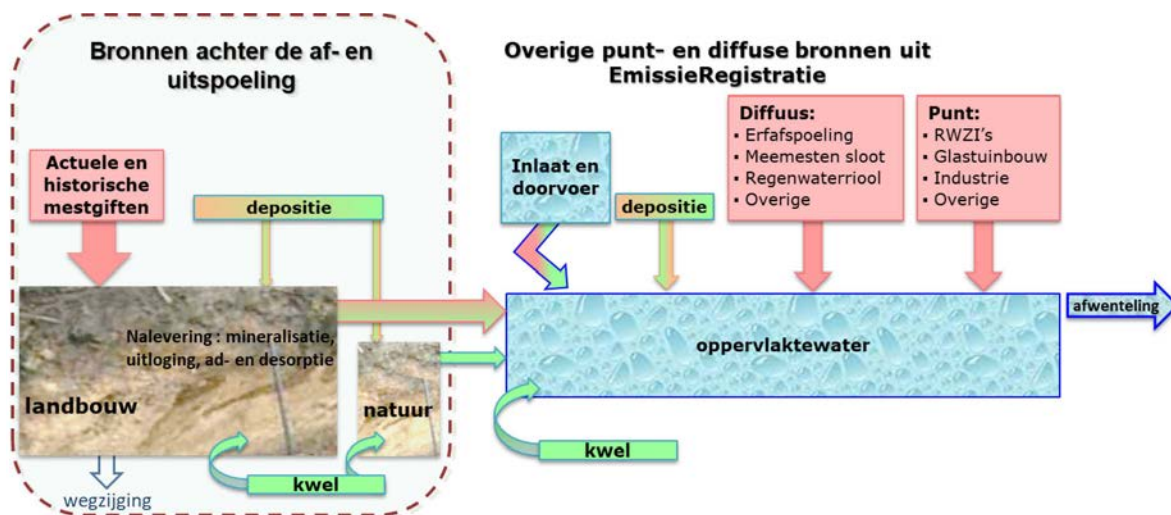
2.7 Validatie uitgaande debieten en nutriëntenvrachten

De uitgaande debieten en nutriëntenvrachten zijn niet alleen berekend (som inkomende vrachten minus retentie), maar zijn in diverse gebieden ook bepaald met de beschikbare metingen van het waterschap (debieten en kwaliteit). De uit metingen afgeleide vrachten zijn gebruikt voor de validatie van modelberekeningen.

De uit metingen afgeleide uitgaande vracht is bepaald door de hoeveelheid uitgeslagen water (zoals gemeten bij de gemalen) te vermenigvuldigen met de gemeten nutriëntenconcentraties van dit uitslagwater. In overleg met het waterschap en Arcadis is nagegaan voor welke gebieden voldoende meetgegevens beschikbaar zijn om die validatie uit te voeren. De resultaten van de validatie worden in het volgende hoofdstuk beschreven.

2.8 Herkomst nutriënten

De herkomst van stikstof- en fosforuitspoeling uit landbouwgronden is verder geanalyseerd door de bronnen achter de uit- en afspoeling te berekenen (Groenendijk, 2012). De uit- en afspoeling wordt hierbij uitgesplitst in de bijdrage van kwel (naar de bodem), atmosferische depositie op het land, historische mestgiftten, actuele mestgiftten en uitspoeling van eerder in het jaar geïnfiltreerd oppervlaktewater. Dit onderscheid is schematisch weergegeven in Figuur 2.8. De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit natuurgebieden wordt niet verder uitgesplitst. Nadere informatie over de exacte definitie van 'historische' en 'actuele' mestgiftten is te vinden in Groenendijk (2012).



Figuur 2.8 Overzicht van de belangrijkste bronnen/emissieroutes naar het oppervlaktewater. De rode arcering staat symbool voor antropogene bronnen, de groene arcering voor (semi)natuurlijke.

Vanuit de herkomst is het voor waterbeheerders relevant te weten welke bronnen en emissieroutes door de waterbeheerders te sturen zijn. In een notitie die is opgesteld voor de Nutriëntenwerkgroep Rijn-West (Schipper et al., 2012) zijn de nutriëntenbronnen ingedeeld naar beïnvloedbaarheid (direct of op korte/lange termijn) en niet beïnvloedbaar (Tabel 2.12).

De wijze waarop de bronnen zijn onderscheiden en de bronnen achter de uit- en afspoeling zijn ontrafeld, kan vanuit de indeling naar beïnvloedbaarheid de zogenaamde achtergrondbelasting worden berekend. Deze achtergrondbelasting en daaraan te relateren achtergrondconcentraties geven richting aan de haalbaarheid van de gestelde KRW-doelen voor nutriënten.

In de onderhavige studie zijn de volgende bronnen als antropogeen beschouwd: bemesting (actueel en historisch), overige agrarische emissies (meemesten sloten, glastuinbouw en erfafspoeling), RWZI's, overstorten, lozingen industrie, huishoudens, IBA's e.a. emissies en waterinlaat. De achtergrondbelasting volgt dan uit het aandeel van de overige bronnen. Voor waterinlaat is het onderscheid tussen antropogeen of (semi)natuurlijk arbitrair en ziet het waterschap Hollandse Delta deze bron als niet of moeilijk beïnvloedbaar. De resultaten van de analyse zijn zo gepresenteerd en als database opgeleverd dat eenvoudig keuzes kunnen worden gemaakt in het wel of niet meenemen van waterinlaat en andere bronnen in de achtergrondbelasting.

Tabel 2.12 Indeling nutriëntenbronnen naar beïnvloedbaarheid (direct of op korte/lange termijn) en niet beïnvloedbaar (Schipper et al., 2012).

Categorie	Bronnen / emissieroutes	Effect bronreductie	Type emissie	Bronnen
Beïnvloedbaar direct effect	RWZI's	Direct effect	Effluentlozing	Huishoudelijk afvalwater, lozingen op riool
	Industriële lozingen	Direct effect	Effluentlozing	Industrie
	Overige agrarische emissies	Direct effect	Diffuse lozingen	Meemesten sloten, erfafspoeling, glastuinbouw
	Waterinlaat	Direct effect	Waterinlaat vanuit boezem, Rijkswateren e.a.	Bronnen buiten het gebied
	Overige bronnen	Direct effect	Punt en diffuus	Ongerioleerde lozingen, overstorten
Beïnvloedbaar korte en lange termijn	Actuele bemesting	Korte en lange termijn ¹⁾	Afspoeling en uitspoeling (sloten, greppels, buisdrainage)	Huidige grondgebonden landbouw
	Nalevering bodemcomplex landbouwbodems ²⁾	Lange termijn	Uitspoeling (sloten, greppels, buisdrainage)	Geogeen, historische bemesting, kwel en depositie
Bronreductie niet/moeilijk beïnvloedbaar	Atmosferische depositie open water en bodem	Niet haalbaar	Depositie open water en natuur/landbouw bodems ³⁾	Luchtemissies landbouw, verkeer, industrie, energie, buitenland
	Kwel waterlopen	Niet haalbaar ⁴⁾	Kwel direct naar waterlopen en naar bodem	Geogeen, mogelijk verhoogd door antropogene invloed
	Infiltratie oppervlaktewater	Niet haalbaar	Diffuse infiltratie lokaal oppervlaktewater	Lokale en bovenstroomse bronnen
	Natuurgronden		Diffuse uit- en afspoeling	Geogeen, door antropogene invloed verhoogde depositie

1) Kortetermijneffect voornamelijk de reductie van de route afspoeling, hotspots, korte stromingspatronen. Zowel voor stikstof als voor fosfor zal bronreductie voor een deel snel effect hebben. Voor fosfor kan het uiteindelijke effect decennia duren, voor stikstof is deze termijn i.h.a. korter.

2) Nalevering door verwerking, oplossen metaal(hydr)oxides, oxidatie, historische bemesting, historische kwel en historische depositie.

3) Bronreductie niet haalbaar, maar atmosferische depositie op landbouwbodems zou meegerekend kunnen worden in het bepalen van de mestgiften. In voorgenomen landelijk mestbeleid wordt atmosferische depositie niet meegenomen.

4) Significante bronreductie niet haalbaar, omdat de bron gerelateerd is aan de functie van het gebied of de drooglegging en daardoor op te vatten als onomkeerbare hydromorfologische ingreep.

2.9 Maatregelen

Voor een viertal typen agrarische maatregelen is berekend wat hun effect is op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater:

1. Generiek mestbeleid conform het 5^e NAP
2. Bodemverbetering
3. Precisiebemesting
4. Verlagen stikstofbodemoverschot Melkveehouderijen

Deze maatregelen zijn bepaald met modelberekeningen (STONE) die zijn uitgevoerd in de studie van Groenendijk et al. (2016). Hoofdstuk 5 beschrijft de maatregelen en hun effect in detail.

3 Nutriëntenbalansen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven van de berekende nutriëntenbalansen. Eerst wordt ingegaan op de af- en uitspoeling van de nutriënten uit landelijk gebied. Vervolgens worden in paragraaf 4.2 tot en met 4.4 de resultaten beschreven van de balansen die in detail zijn berekend voor de gebieden in Voorne-Putten, Hoeksche Waard en Goeree-Overflakkee waarvan het oppervlaktewater voor de KRW als waterlichaam is aangewezen. Paragraaf 4.5 gaat in op de achtergrondconcentraties die op basis van de herkomst voor deze wateren zijn afgeleid.

Voor de overige wateren in Voorne-Putten, Hoeksche Waarde en Goeree-Overflakkee zijn alleen de punt- en diffuse bronnen berekend en niet de nutriëntenbelasting door inlaat of afwenteling. De aldus berekende herkomst in deze wateren wordt behandeld in paragraaf 4.6. Voor de regionale wateren in IJsselmonde en Eiland van Dordrecht zijn nutriëntenbalansen ontleend aan de landelijk studie (Groenendijk et al., 2016). De resultaten hiervan zijn opgenomen in paragraaf 4.7. Omdat naast stikstof ammonium een belangrijke factor kan zijn voor de ecologie is voor een aantal bronnen de ammoniumbelasting berekend voor de KRW-waterlichamen in Voorne-Putten, Goeree-Overflakkee en Hoeksche Waard. Dit is opgenomen in paragraaf 4.8.

Voor het berekenen van de balansen in onderscheid gemaakt tussen het zomerhalfjaar en jaargemiddelde. Wanneer in dit hoofdstuk gesproken wordt over jaargemiddelde, betreft dit een hydrologisch jaar (april tot en met maart).

3.2 Uit- en afspoeling nutriënten landbouw en natuurbodems

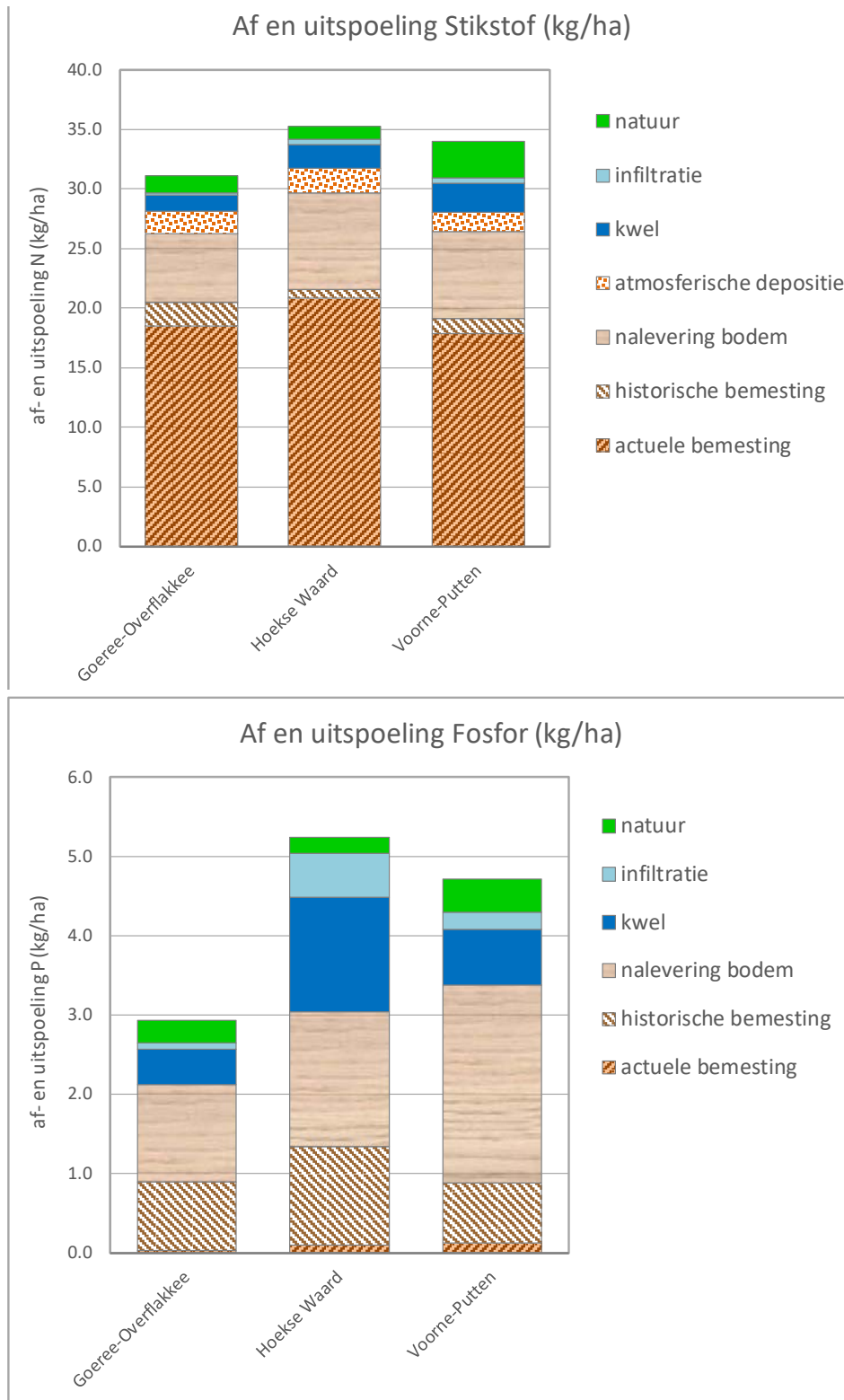
Na uitvoering van de herschikkingsprocedure zijn de juiste SWAP-ANIMO-rekenplots geselecteerd ter berekening van de uit- en afspoeling van nutriënten van bodem naar oppervlaktewater. Voor ieder gebied is hiermee de uit- en afspoeling vanuit landbouw en natuurbodems gekwantificeerd en de bronnen achter de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor vanuit de landbouwbodems. In Bijlage 5 is per afwateringsgebied de uit- en afspoeling weergegeven (hydrologisch jaar, zomer en winter). Figuur 3.1 geeft een overzicht van de jaargemiddelde uit- en afspoeling van stikstof en fosfor voor het hydrologisch jaar, met daarin de bijdrage van de onderliggende bronnen voor Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en Hoeksche Waard.

De uit- en afspoeling van stikstof wordt voornamelijk bepaald door actuele bemesting en nalevering van het bodemcomplex. Voor fosfor wordt de uit- en afspoeling vooral bepaald door historische bemesting, nalevering van de landbouwbodem en kwel. De gemiddelde uit- en afspoeling voor stikstof voor de drie gebieden heeft dezelfde orde van grootte, de gemiddelde fosforbelasting is in de Hoeksche Waard en Voorne-Putten beduidend groter dan in Goeree-Overflakkee. Daarbij valt het relatief grote aandeel van de kwel op in de Hoeksche Waard en het relatief grote aandeel nalevering van de landbouwbodem in Voorne-Putten.

Tabel 3.1 geeft de resulterende stikstof uit- en afspoeling per regio over de periode 2006 tot en met 2013, gemiddeld per jaar, winterhalfjaar en zomerhalfjaar. Het gaat om de gemiddelde uit- en afspoeling in het landelijke gebied (landbouw- en natuurgebieden).

Tabel 3.1 Uit- en afspoeling stikstof en fosfor vanuit landbouw en natuurgronden 2006 t/m 2013 in kg/ha landelijk gebied (areaal-gewogen gemiddelde) per hydrologisch jaar, winter- en zomerhalfjaar.

	Uit- en afspoeling N (kg N/ha)			Uit- en afspoeling P (kg P/ha)		
	jaar	winter	zomer	jaar	winter	zomer
Goeree-Overflakkee	31,1	26,3	4,8	2,9	2,4	0,6
Hoeksche Waard	35,3	26,1	9,2	5,2	3,8	1,4
Voorne-Putten	34,0	25,7	8,3	4,7	3,5	1,2



Figuur 3.1 Uit- en afspoeling stikstof (boven) en fosfor (onder) vanuit landbouw- en natuurbodems in de periode 2006-2013 in kg/ha voor drie eilanden in het beheergebied van Hollandse Delta, uitgesplitst in de bronnen achter de uit- en afspoeling.

3.3 Herkomst nutriënten waterlichamen jaargemiddeld

Voor alle afwateringsgebieden van de KRW-oppevlaktewaterlichamen in Goeree-Overflakkee, Hoeksche Waard en Voorne-Putten zijn naast de uit- en afspoeling ook de andere nutriëntenbronnen naar het oppervlaktewater gekwantificeerd voor de periode 2006-2013. De resultaten hiervan zijn voor de afwateringsgebieden weergegeven in Figuur 3.2 (stikstof) en Figuur 3.3 (fosfor). De gemiddelde belasting is procentueel per regio weergegeven in Tabel 3.2. Hierin is ook de berekende jaargemiddelde retentie in het oppervlaktewater opgenomen. De retentie is voor stikstof gemiddeld 13 à 22%, voor fosfor 34 à 46%. Deze waarden zijn in lijn met hetgeen voor retentie in poldersystemen wordt verwacht. De retentie is veel lager in Boezem Oude Tonge en Kanaal door Voorne door de grote volume-stroom. Retentie is in de bronnenanalyse van belang voor de validatie en de mate waarin bronnen in een afwateringsgebied van invloed zijn op het gebied waarop wordt afgewenteld.

Stikstof

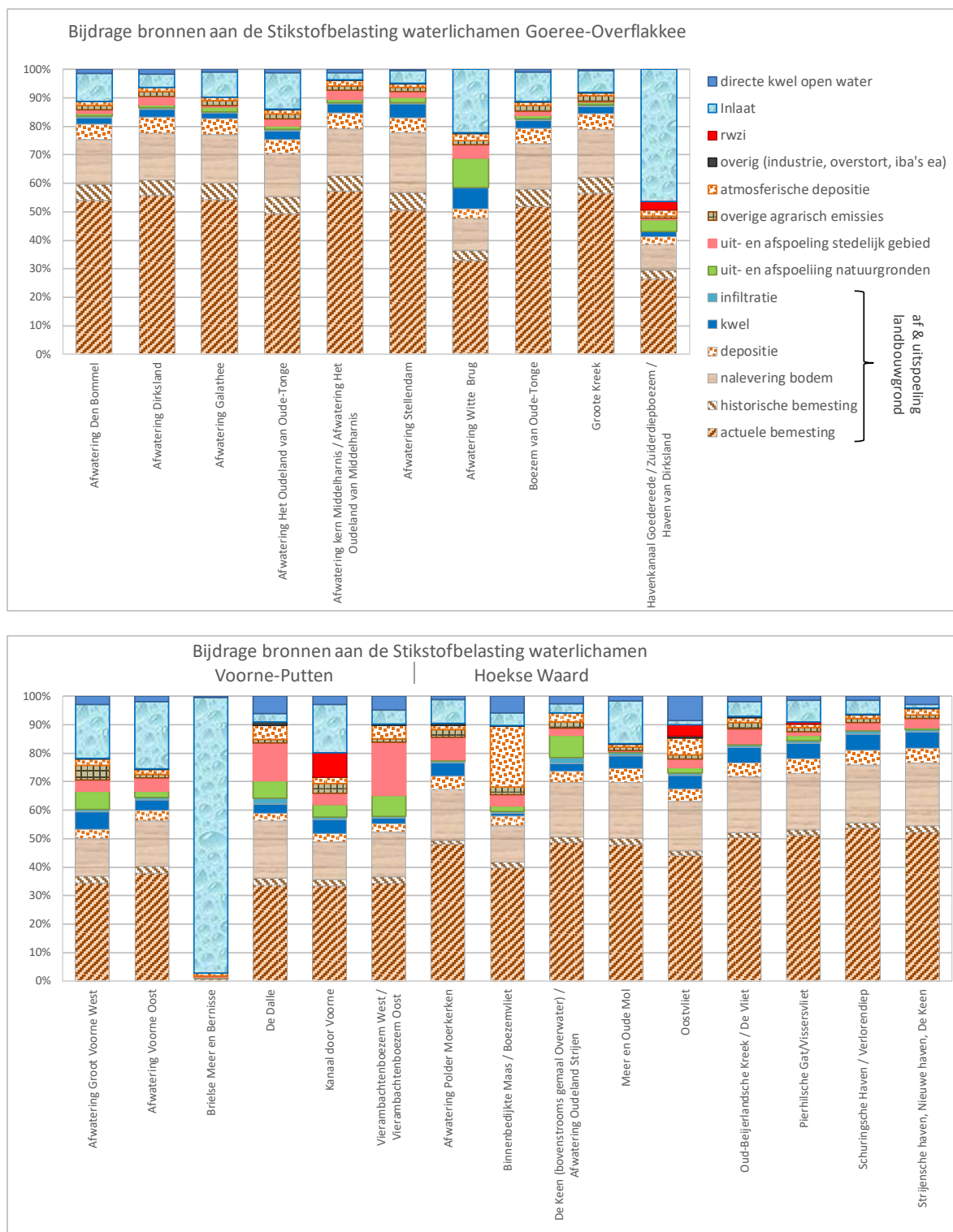
Uit Figuur 3.2 en Tabel 3.2 blijkt dat de af- en uitspoeling uit landbouwgronden in de meeste waterlichamen de belangrijkste bijdrage in de stikstofbelasting geeft. Voor stikstof komt de uit- en afspoeling vooral door actuele bemesting en, hoewel in mindere mate, door uitloging en mineralisatie (aangeduid als nalevering).

Naast de af- en uitspoeling uit landbouwgronden levert inlaatwater in diverse waterlichamen een belangrijke bijdrage. Deze inlaat is afkomstig van Rijkswateren. In 'Havenkanaal van Goedereede' en 'Brielse Meer en Bernisse' is dit de belangrijkste bron. Twee andere waterlichamen ontvangen water van bovenstroomse waterlichamen. 'Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge' en 'Groote Kreek' wateren namelijk beide af op Boezem van Oude Tonge en de waterlichamen 'Afwatering Groote Voorne-West' en 'Afwatering Voorne-Oost' wateren beide af op het Kanaal door Voorne. In de overzichten is de samenstelling van deze toestroom gelabeld op basis van de bronverdeling in de afwaterende gebieden. Dit wordt voor stikstof in het Kanaal van Voorne geïllustreerd in Figuur 3.4.

Voor een aantal gebieden zijn ook andere stikstofbronnen relevant. Atmosferische depositie ('Binnenbedijkte Maas / boezemvliet'), RWZI ('Kanaal door Voorne'), uit- en afspoeling vanuit natuurgronden en stedelijk gebied (meerdere waterlichamen) dragen daarnaast ook duidelijk bij aan de stikstof-belasting van het oppervlaktewater.

Tabel 3.2 Jaargemiddelde herkomst stikstof en fosfor voor de periode 2006-2013 in de afwateringsgebieden van de KRW-waterlichamen in Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en Hoeksche Waard.

	Stikstof			Fosfor		
	Goeree-Overflakkee	Voorne-Putten	Hoeksche Waard	Goeree-Overflakkee	Voorne-Putten	Hoeksche Waard
Uit- en afspoeling landbouwgrond	78%	51%	79%	76%	54%	86%
• Actuele bemesting	49%	29%	48%	1%	3%	4%
• Historische bemesting	5%	2%	2%	25%	10%	21%
• Nalevering bodem	16%	13%	19%	36%	32%	31%
• Atmosferische depositie	5%	3%	5%	-	-	-
• Kwel	3%	3%	4%	12%	7%	22%
• Infiltratie	0%	1%	1%	3%	3%	9%
Uit- en afspoeling natuurgronden	2%	4%	2%	4%	5%	2%
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	2%	7%	3%	4%	10%	5%
Glastuinbouw, meemesten, erf	2%	2%	2%	1%	2%	1%
Atmosferische depositie open water	2%	3%	4%	-	-	-
Overig (industrie, overstort, iba's ea)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rwzi	0%	1%	1%	0%	6%	0%
Inlaat	13%	27%	6%	12%	18%	2%
Directe kwel open water	1%	3%	3%	2%	4%	4%
Totaal in	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Retentie	13%	20%	22%	42%	34%	46%

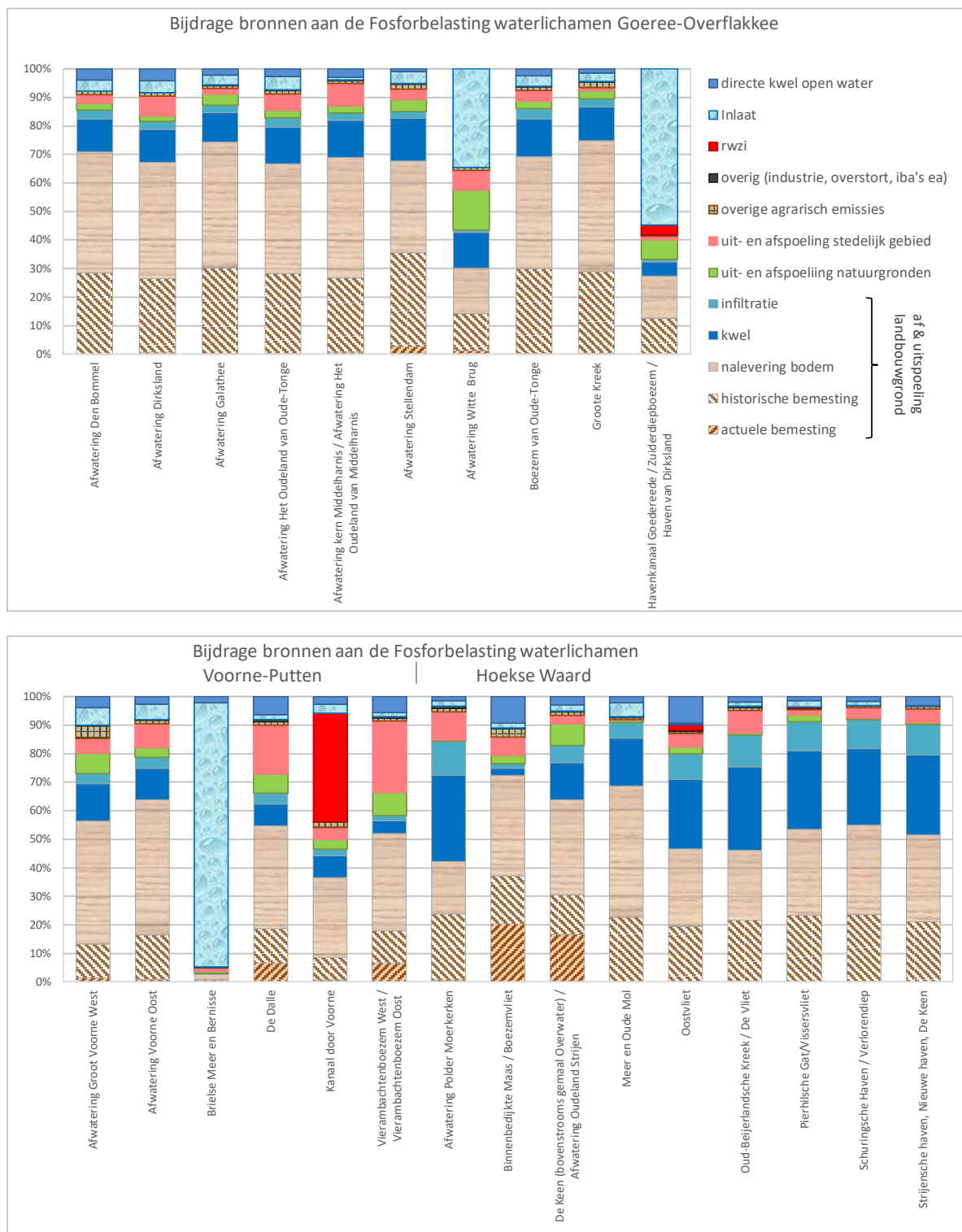


Figuur 3.2 Jaargemiddelde bijdrage bronnen aan de stikstofbelasting 2006-2013 in de afwateringsgebieden van (KRW-)waterlichamen Goeree-Overflakkee (boven), Hoekse Waard en Voorne-Putten (onder).

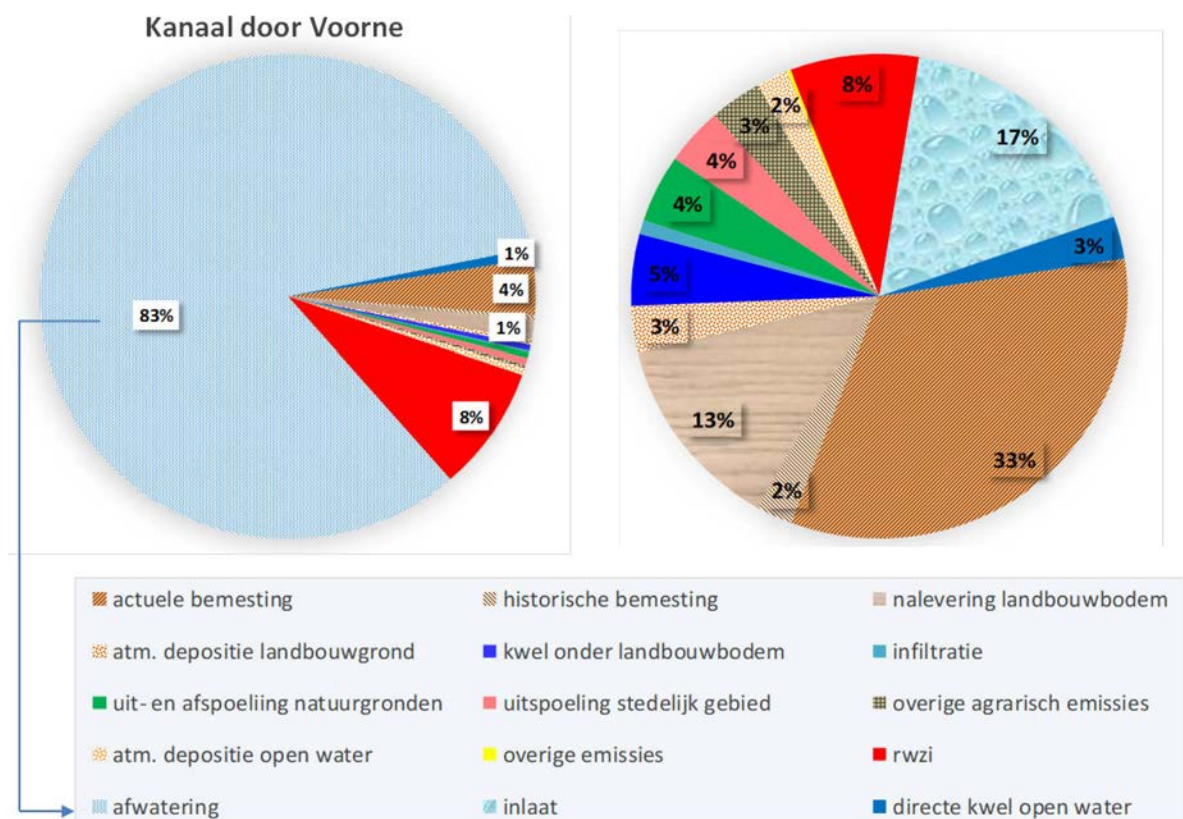
Fosfor

Voor fosfor (Figuur 3.3) blijkt eveneens dat de af- en uitspoeling uit landbouwgronden in de meeste waterlichamen de belangrijkste bijdrage in de fosforbelasting geeft. Historische bemesting, nalevering en kwel leveren de grootste bijdrage aan de af- en uitspoeling van fosfor. Actuele bemesting draagt slechts in geringe mate hieraan bij. Dit komt doordat mestgiften in het verleden veel hoger waren dan in de hier beschouwde periode en het hierdoor opgehoopte fosfaat in de bovengrond door sorptieprocessen maar langzaam uitspoelt. In een paar gebieden wordt voor actuele bemesting wel een belangrijke bijdrage aan de fosforbelasting berekend ('Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet' en 'De

Keen / Afwatering Oudeland Strijen') hetgeen komt door de daar gering bindingscapaciteit van de bovengrond. Ten opzichte van de bronverdeling van stikstof leveren kwel en RWZI een grotere bijdrage aan de fosforbelasting. Verder wordt voor fosfor geen atmosferische depositie gerekend.



Figuur 3.3 Jaargemiddelde bijdrage bronnen aan de fosforbelasting 2006-2013 in de afwateringsgebieden van (KRW-)waterlichamen Goeree-Overflakkee (boven), Hoeksche Waard en Voorne-Putten (onder).



Figuur 3.4 Bronverdeling stikstofbronnen Kanaal door Voorne, in de linker diagram gedomineerd door afwatering vanuit 'Afwatering Groot Voorne-West' en 'Afwatering Voorne Oost'. In de rechter diagram is de samenstelling van deze toestroom gelabeld op basis van de bronverdeling in beide afwaterende gebieden.

3.4 Toetsing plausibiliteit

Voor de validatie van de berekende balansen zijn de berekende uitgaande debieten en stofvrachten (stikstof en fosfor) vergeleken met de uitgaande debieten en stofvrachten die uit metingen kunnen worden afgeleid. Samen met het waterschap is hiertoe nagegaan op welke uitwisselpunten van de afwateringsgebieden geschikte meetgegevens beschikbaar zijn (debietmetingen en hieraan te koppelen metingen van de chemische waterkwaliteit). In het navolgende wordt ingegaan op de plausibiliteit van de berekende waterbalansen en de berekende stikstof- en fosforbalansen.

Waterbalansen

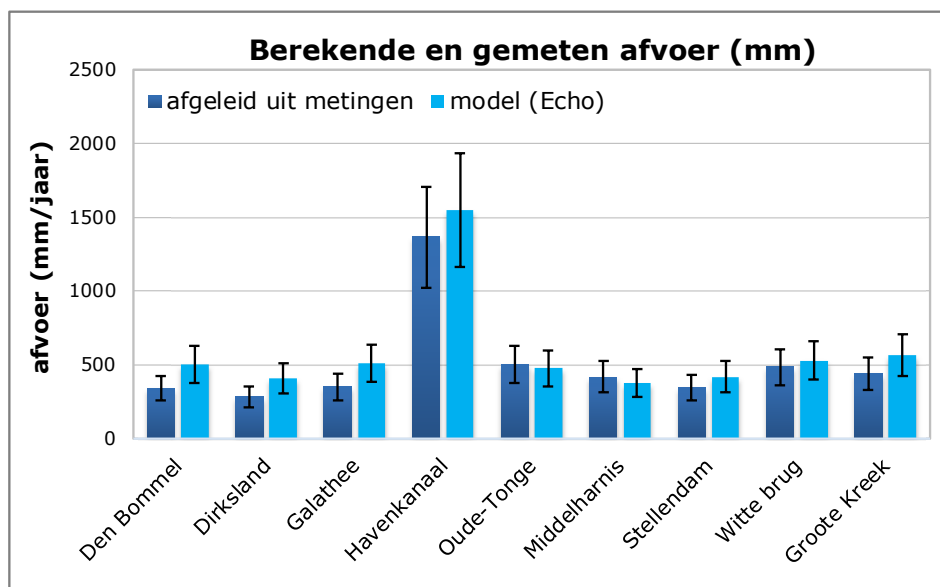
Het aantal gebieden waarvoor een plausibiliteitstoets kan worden uitgevoerd, is beperkt, omdat voor veel gebieden geen of onvoldoende debietgegevens beschikbaar zijn. Tabel 3.3 geeft een overzicht van de (negen) gebieden waarvoor voldoende gegevens beschikbaar zijn. Het Havenkanaal / Zuiderdiepbodem / Haven van Dirksland is ondanks het ontbreken van een debietmeetpunt wel meegenomen in de validatie door voor het uitgaande debiet uit te gaan van de voorgaande onderzoeken. Hierdoor biedt de validatie voor dit gebied minder houvast dan de andere gebieden.

Tabel 3.3 Overzicht gebieden waarvoor debietgegevens beschikbaar zijn voor de periode waarvoor de stofbalansen zijn opgesteld.

Deelgebied	Debietmeetpunt
Afwatering Den Bommel	Gemaal de Bommelse Polders
Afwatering Dirksland	Gemaal Smits
Afwatering Galathee	Gemaal Galathee
Afwatering Havenkanaal / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	Waterbalansen opgesteld door waterschap*
Afwatering het Oudeland van Oude-Tonge	Gemaal de Haas van Dorser
Afwatering kern Middelharnis / Afwatering Het Oudeland van Middelharnis	Gemaal Koert
Afwatering Stellendam	Gemaal Stellendam
Afwatering Witte Brug	Gemaal Witte Brug
Groote Kreek	Gemaal de Eendracht

* Waterbalansen opgesteld op basis van het rapport 'Inventarisatie hydrologische gegevens Zuiderdiep HD-WAB-0039: ten behoeve van waterkwaliteitsmodellering (De Ruiter, 2016). Zie paragraaf 5.2 in het betreffende rapport.

Als eerste indicatie voor de plausibiliteit zijn in Figuur 3.5 de berekende uitgaande debieten vergeleken met de uit metingen afgeleide uitgaande debieten. Uit de vergelijking blijkt dat de berekende afvoer overwegend iets hoger is dan de afvoer op basis van de meetgegevens.



Figuur 3.5 Gemeten en berekende afvoeren (mm/jaar) hydrologische jaren 2009 t/m 2013.

Bij de interpretatie moet rekening worden gehouden dat de meetreeksen voor de debieten niet altijd compleet zijn en dat het afleiden van debieten uit maalcijfers gepaard gaat met onzekerheden (Mulder et al., 2011). Met deze wetenschap kan uit de vergelijking geconcludeerd worden dat qua orde van grootte de berekende debieten vrij goed aansluiten bij de uit metingen afgeleide debieten. Dit biedt vertrouwen in de waterfluxen (drainage en oppervlakkige afstroming) die met de SWAP-ANIMO-rekenplots worden berekend.

Nutriëntenbalans (stofvrachten stikstof en fosfor)

Voor het afleiden van de uitgaande vrachten zijn niet alleen de debietgegevens nodig, maar ook gegevens over de kwaliteit van het uitgaande water (N- en P-concentraties). Voor de kwaliteit van het uitgaande water zijn door het waterschap representatieve meetpunten geselecteerd (Tabel 3.4).

Tabel 3.4 Overzicht kwaliteitsmeetpunten die representatief worden geacht voor de N- en P-concentraties van het uitgeslagen water.

Deelgebied	Kwaliteitsmeetpunt
Afwatering Den Bommel	FOP 1401
Afwatering Dirksland	FOP 0306
Afwatering Galathee	FOP 1301
Afwatering Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	GO 09/08 / FO 01/04/0306
Afwatering het Oudeland van Oude-Tonge	FOP 1001
Afwatering kern Middelharnis / Afwatering Het Oudeland van Middelharnis	FOP 1710
Afwatering Stellendam	GOP 0302
Afwatering Witte Brug	GOP 0201
Groote Kreek	FOP 1101

De vergelijkingen van de berekende versus de uit metingen afgeleide uitgaande vrachten is weergegeven in Figuur 3.6 (stikstof) en Figuur 3.7 (fosfor).

Voor de interpretatie dient rekening te worden gehouden met onzekerheden in de debiet- en concentratiemetingen in het oppervlaktewater en de daarvan afgeleide nutriëntenvrachten en evenzo in de onzekerheden over de modelberekeningen met ECHO.

Omdat er in dit onderzoek niet voor gekozen is om een onzekerheids- en gevoeligheidsanalyse uit te voeren, is gebruikgemaakt van inzichten in deze onzekerheden die verkregen zijn uit eerdere onderzoeken.

Voor het schatten van de onzekerheidsmarge van de uit metingen afgeleide uitgaande nutriëntenvrachten is gebruikgemaakt van het onderzoek dat door Deltares is uitgevoerd (Rozemeijer, 2015). Hierin is nagegaan wat het effect is van de meetfrequentie (verschil tussen tweewekelijkse metingen en maandmetingen) op de afgeleide jaarvrachten voor stikstof en fosfor. Uit de resultaten blijkt dat op basis van de maandelijkse metingen ten opzichte van de tweewekelijkse metingen de jaarvrachten voor N-totaal een afwijking hebben van -36% tot +19,2%, de jaarvrachten voor P hebben een afwijking van -24% tot +11,9%. Deze waarden zijn in Figuur 3.6 en 3.7 als onzekerheidsmarges aangeduid.

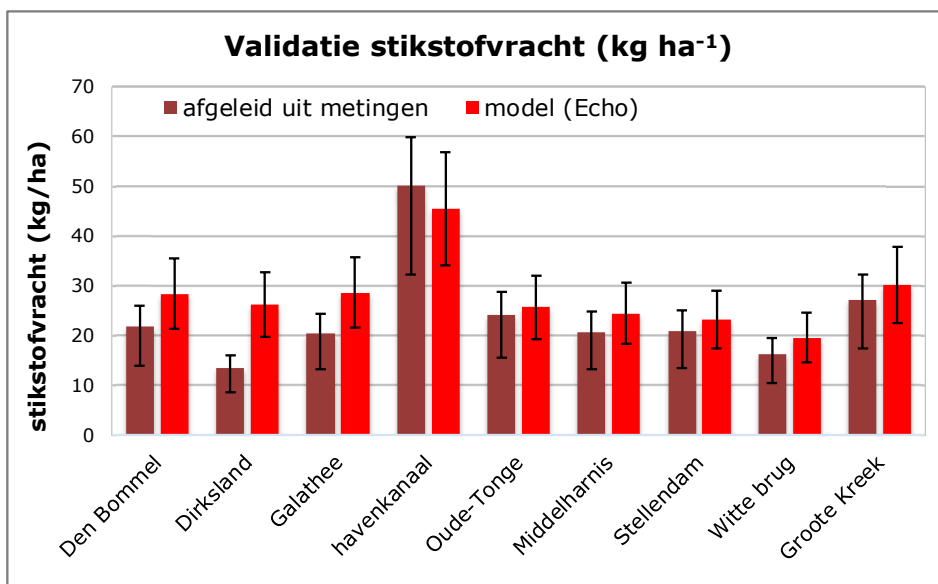
Voor het afleiden van de onzekerheidsmarges van de met ECHO berekende uitgaande vracht zijn de onzekerheidsmarges gebruikt die in het onderzoek van WENR (Van Boekel et al., 2011) zijn afgeleid.

Voor de berekende netto uitgaande nutriëntenbelasting (totale emissie naar water minus de retentie) is een onzekerheidsmarge van 25% voor zowel stikstof als voor fosfor aangehouden en is een resultante van alle bronnen met ieder een eigen onzekerheidsmarge.

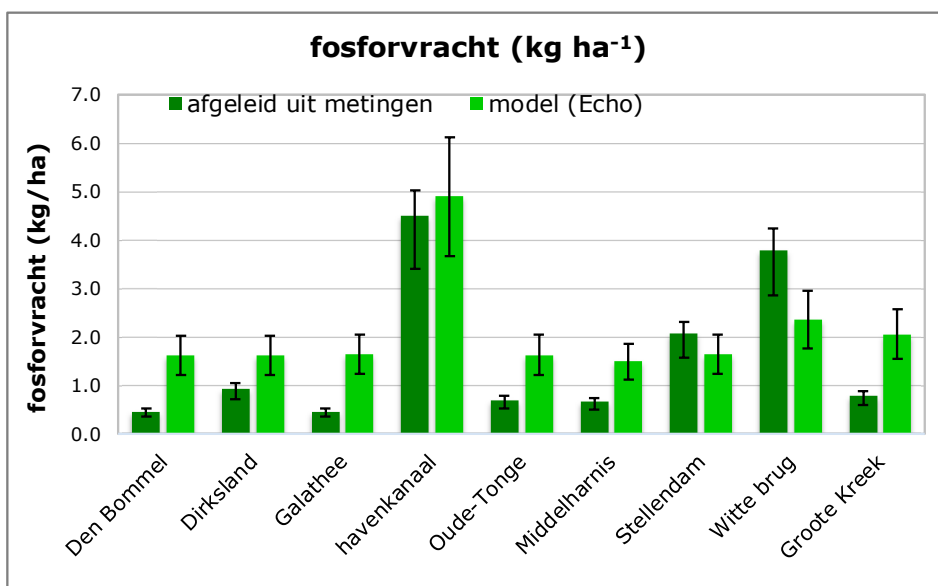
Uit de vergelijking van de berekende en uit metingen afgeleide stofvrachten komt naar voren dat deze voor stikstof goed overeenkomen. De berekende vrachten zijn weliswaar iets hoger dan hetgeen uit de metingen is afgeleid, maar de verschillen vallen ruim binnen de onzekerheidsmarges.

Voor fosfor blijken de berekende vrachten beduidend groter in de gebieden waar uit de metingen een relatief lage uitgaande vracht (kleiner dan 1 kg/ha) is afgeleid. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de berekende retentie van gemiddeld 43% in werkelijkheid nog groter is, bijvoorbeeld indien in die gebieden sprake is van ijzerrijke kwel. Een andere meer voor de hand liggende verklaring is een overschatting van de fosforvracht door te hoge achtergrondconcentratie zoals die zijn aangenomen in de SWAP-ANIMO rekenplots. Over het geheel genomen komen de patronen wel redelijk overeen.

Uit de validatie kan geconcludeerd worden dat de met ECHO berekende balansen redelijk in overeenstemming zijn met hetgeen uit de metingen kan worden afgeleid. Die biedt redelijk vertrouwen in de berekende herkomst van stikstof en fosfor (hoofdstuk 4). Belangrijke onzekerheden zijn de hoeveelheden inlaatwater en de retentie van fosfor in het oppervlaktewater. De bronnenanalyse zoals hier uitgevoerd, kan beter worden ondersteund als met monitoring meer en beter betrouwbare informatie wordt verzameld over de hoeveelheden die worden ingelaten en uitgemalen.



Figuur 3.6 Vergelijking tussen de uit metingen afgeleide stikstofvracht nabij de uitlaatpunten van de afwateringseenheden en de netto uitgaande nutriëntenvracht op basis van de ECHO-resultaten.



Figuur 3.7 Vergelijking tussen de uit metingen afgeleide fosforvracht nabij de uitlaatpunten van de afwateringseenheden en de netto uitgaande nutriëntenvracht op basis van de ECHO-resultaten.

3.5 Herkomst nutriënten waterlichamen zomerhalfjaar

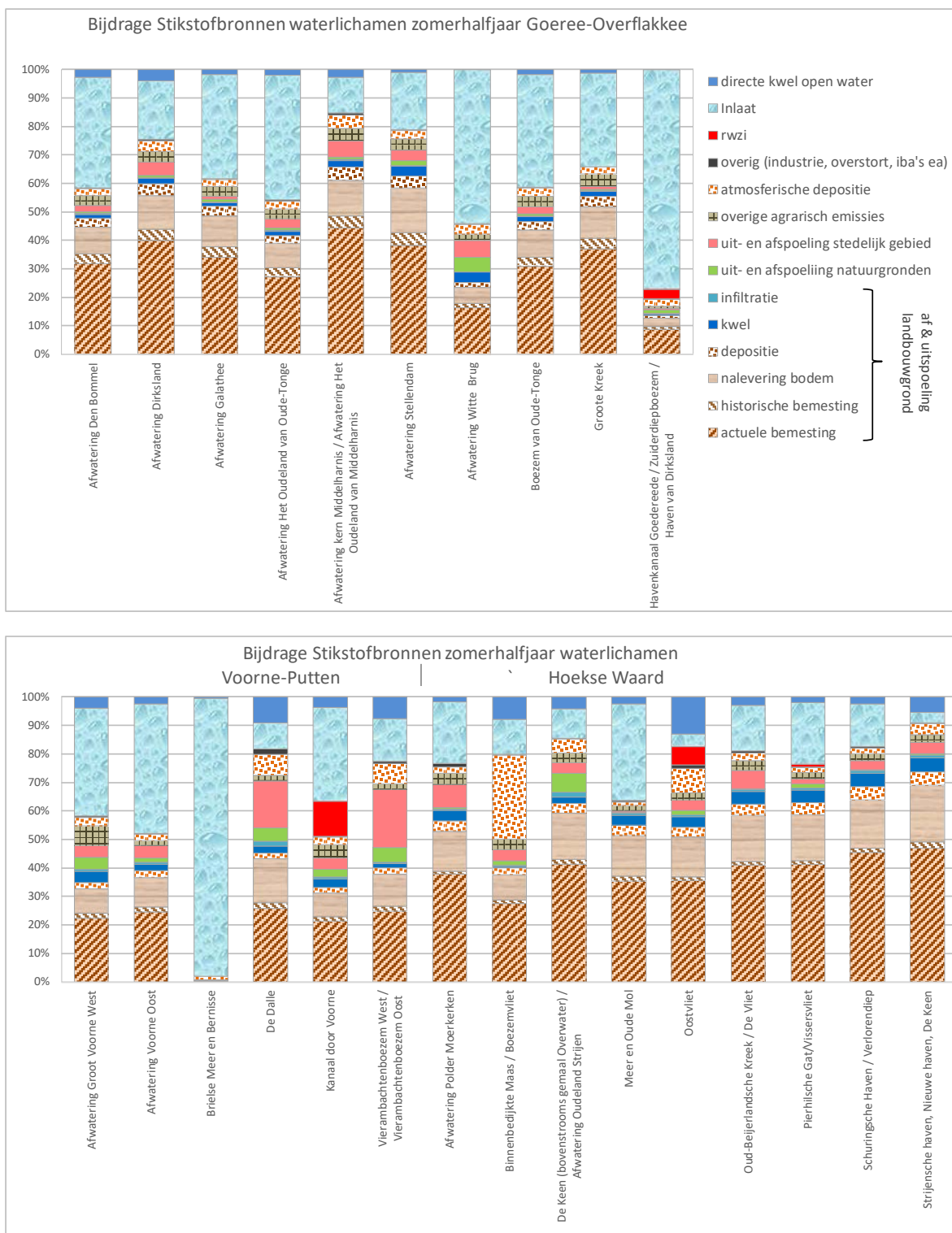
De nutriëntenbalansen zijn ook opgesteld voor het zomerhalfjaar, omdat de belasting in het zomerhalfjaar (meer) maatgevend is voor de beoordeling van de ecologische kwaliteit en daarmee de beoordeling voor de toestand volgens de KRW. De resultaten hiervan zijn voor de afwateringsgebieden weergegeven in Figuur 3.8 (stikstof) en Figuur 3.9 (fosfor). De gemiddelde belasting is procentueel per regio weergegeven in Tabel 3.5 en daarbij ook de gemiddeld berekende retentie in het oppervlaktewater. De retentie in het zomerhalfjaar is voor stikstof gemiddeld 26 à 30%, voor fosfor 31 à 44%.

Uit Figuur 3.8 en Tabel 3.5 blijkt dat de af- en uitspoeling uit landbouwgronden in de meeste waterlichamen net als in het jaargemiddelde de belangrijkste bijdrage in de stikstofbelasting geeft. Wel is deze bijdrage in de zomer minder dan jaargemiddeld. De verhoudingen van de bronnen achter

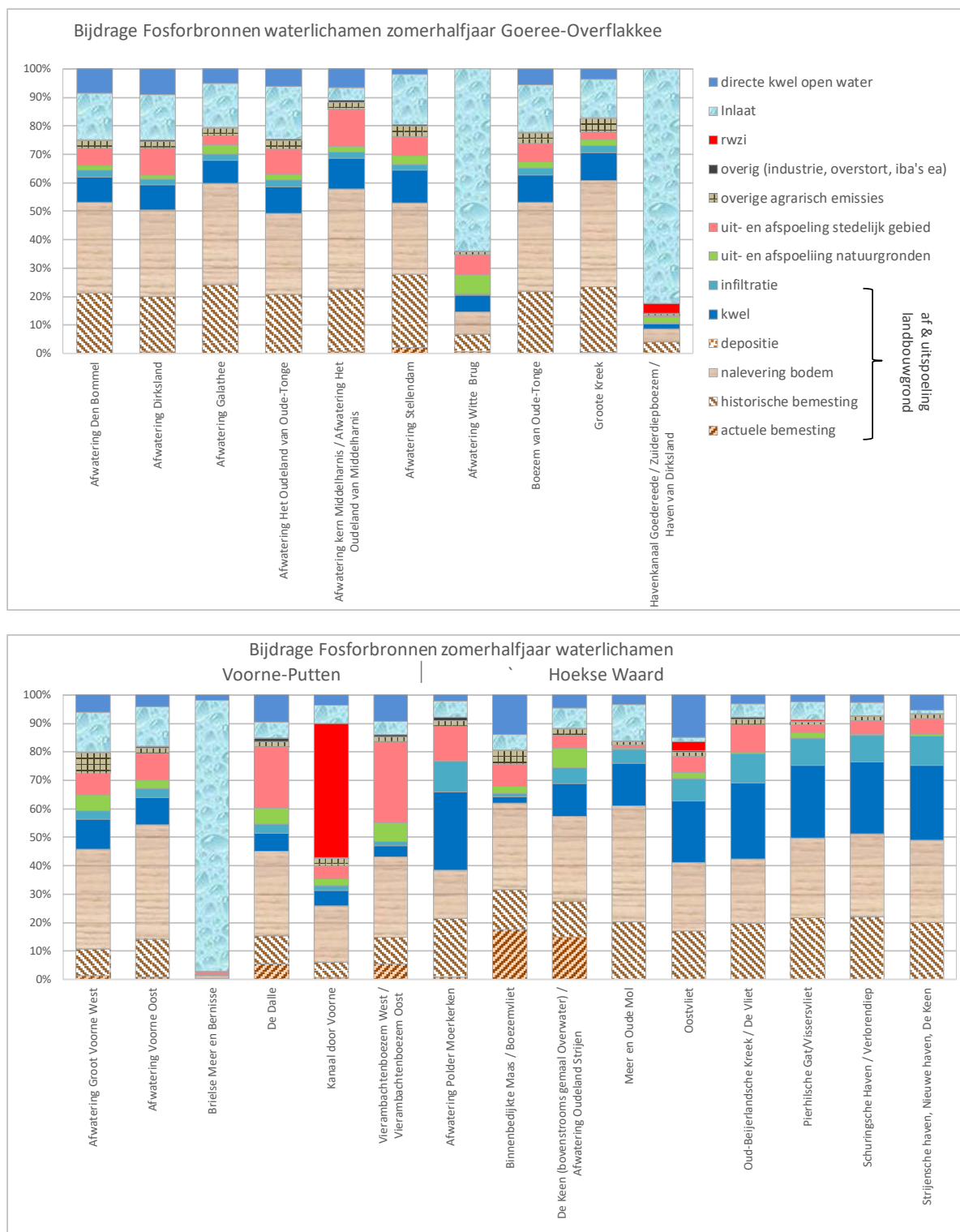
de af- en uitspoeling van landbouwgronden zijn gelijkgesteld aan jaargemiddeld, omdat deze verhoudingen alleen valide berekend kunnen worden over een aaneengesloten, meerjarige periode. Actuele bemesting heeft derhalve voor stikstof weer het grootste aandeel in de af- en uitspoeling van landbouwgronden. Een verschil met de jaargemiddelde bronverdeling is dat in het zomerhalfjaar de bijdrage van inlaatwater beduidend groter is. Ook is er een relatief grotere bijdrage van atmosferische depositie op open water, RWZI en kwel, met name de kwel die direct uittreedt in het oppervlaktewater.

Tabel 3.5 Zomerhalfjaargemiddelde herkomst stikstof en fosfor 2006-2013 in de afwateringsgebieden van de KRW-waterlichamen in Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten, Hoeksche Waard.

	Stikstof			Fosfor		
	Goeree-Overflakkee	Voorne-Putten	Hoeksche Waard	Goeree-Overflakkee	Voorne-Putten	Hoeksche Waard
Uit- en afspoeling landbouwgrond	49%	35%	64%	56%	44%	78%
• Actuele bemesting	31%	20%	39%	0%	2%	4%
• Historische bemesting	3%	1%	1%	19%	8%	19%
• Nalevering bodem	10%	9%	15%	27%	26%	28%
• Atmosferische depositie	3%	2%	4%	-	-	-
• Kwel	2%	2%	4%	8%	6%	20%
• Infiltratie	0%	1%	1%	2%	2%	8%
Uit- en afspoeling natuurgronden	1%	3%	1%	3%	4%	2%
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	3%	8%	4%	6%	12%	6%
Glastuinbouw, meemesten, erf	3%	3%	3%	3%	3%	2%
Atmosferische depositie open water	3%	4%	6%	-	-	-
Overig (industrie, overstort, iba's ea)	0%	1%	1%	0%	0%	0%
Rwzi	0%	2%	1%	0%	8%	0%
Inlaat	38%	40%	15%	27%	23%	5%
Directe kwel open water	2%	5%	5%	5%	6%	6%
Totaal in	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Retentie	27%	26%	30%	36%	31%	44%



Figuur 3.8 Zomerhalfjaar gemiddelde bijdrage bronnen aan de stikstofbelasting 2006-2013 in de afwateringsgebieden van (KRW-)waterlichamen Goeree-Overflakkee (boven), Hoeksche Waard en Voorne-Putten (onder).



Figuur 3.9 Zomerhalfjaargemiddelde bijdrage bronnen aan de fosforbelasting 2006-2013 in de afwateringsgebieden van (KRW-)waterlichamen Goeree-Overflakkee (boven), Hoeksche Waard en Voorne-Putten (onder).

3.6 Achtergrondconcentraties KRW-waterlichamen

Vanuit de uitsplitsing van de bronnen kan onderscheid worden gemaakt tussen antropogene bronnen en overige bronnen die beleidsmatig als natuurlijke of seminatuurlijk kunnen worden beschouwd. De som van de belasting van de (semi)natuurlijke bronnen kan beleidsmatig worden bestempeld als achtergrondbelasting. Vervolgens kan dit worden vertaald naar een achtergrondconcentratie door het aandeel van de achtergrondbelasting in de totale belasting te vermenigvuldigen met de gemeten concentraties in het waterlichaam. Deze methode is toegepast voor de afwateringsgebieden van de KRW-waterlichamen in Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en Hoeksche Waard.

Het waterschap wil voor de achtergrondconcentraties onderscheid maken tussen de hoofdwatgangen en de haarvaten van de KRW-waterlichamen. Dit omdat de concentraties in de haarvaten (sloten en vaarten) veel meer beïnvloed worden door gebiedseigen water, terwijl de hoofdwatgangen vaak worden doorgespoeld met rivierwater. Het waterschap heeft hiertoe per waterlichaam de zomer-halffaargemiddelde concentraties aangeleverd die gemeten zijn in de hoofdwatgangen in de periode 2008-2018 en de zomerhalffaargemiddelde concentraties die gemeten zijn in de haarvaten in de periode 2006-2013. In de haarvaten zijn deze concentraties net iets hoger (2,5 mg N/l en 0,24 mg P/l in de haarvaten, 4,0 mg N/l en 0,23 mg P/l in de hoofdwatgangen). Voor de berekening van de achtergrondbelasting is ervan uitgegaan dat de volgende bronnen natuurlijk of seminatuurlijk zijn:

- Een deel van uitspoeling landbouwgrond: nalevering landbouwbodem, kwel (naar het bodemprofiel), atmosferische depositie en infiltratie;
- Uitspoeling natuurgonden en uit openbaar groen in stedelijk gebied;
- Atmosferische depositie en directe kwel naar open water;
- Inlaat vanuit rijkswateren (alleen in de hoofdwatgangen).

Voor de haarvaten is in de berekening van de achtergrondbelasting waterinlaat (en toestromend water van bovenstrooms) niet meegerekend. Het percentage van de achtergrondbelasting is derhalve als volgt berekend:

$$\text{achtergrondbelasting haarvaten} = \frac{\text{nalevering} + \text{kwel} + \text{depositie} + \text{infiltratie} + \text{uitspoeling natuur en stedelijk}}{\text{totale belasting} - \text{inlaat}}$$

$$\text{achtergrondbelasting hoofdwatgangen} = \frac{\text{som niet antropogene bronnen}}{\text{totale belasting}}$$

De berekende achtergrondconcentraties zijn weergegeven in Tabel 3.6 (stikstof) en Tabel 3.7 (fosfor). Bedacht moet worden dat de keuze voor het wel of niet beschouwen als natuurlijk of seminatuurlijk beleidsmatig is.

Voor stikstof in de hoofdwatgangen is een achtergrondbelasting berekend van gemiddeld 63% (47 à 100%) en een achtergrondconcentratie van gemiddeld 1,5 mg N/l (0,9 à 2,2 mg N/l).

In de haarvaten is voor stikstof een achtergrondbelasting berekend van gemiddeld 47% (20 à 80%) en een achtergrondconcentratie van gemiddeld 1,1 mg N/l (0,4 à 1,9 mg N/l). Het lagere percentage komt doordat voor de haarvaten inlaat niet is meegerekend.

Voor fosfor in de hoofdwatgangen is een achtergrondbelasting berekend van gemiddeld 77% (44 à 100%) en een achtergrondconcentratie van gemiddeld 0,18 mg P/l (0,04 à 0,61 mg P/l).

In de haarvaten is voor fosfor een achtergrondbelasting berekend van gemiddeld 70% (11 à 90%) en een achtergrondconcentratie van gemiddeld 0,16 mg P/l (0,08 à 0,46 mg P/l).

Tabel 3.6 Berekende achtergrondbelasting en achtergrondconcentraties Stikstof in de hoofdwatergangen en haarvaten van de (KRW-)waterlichamen in Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en Hoeksche Waard.

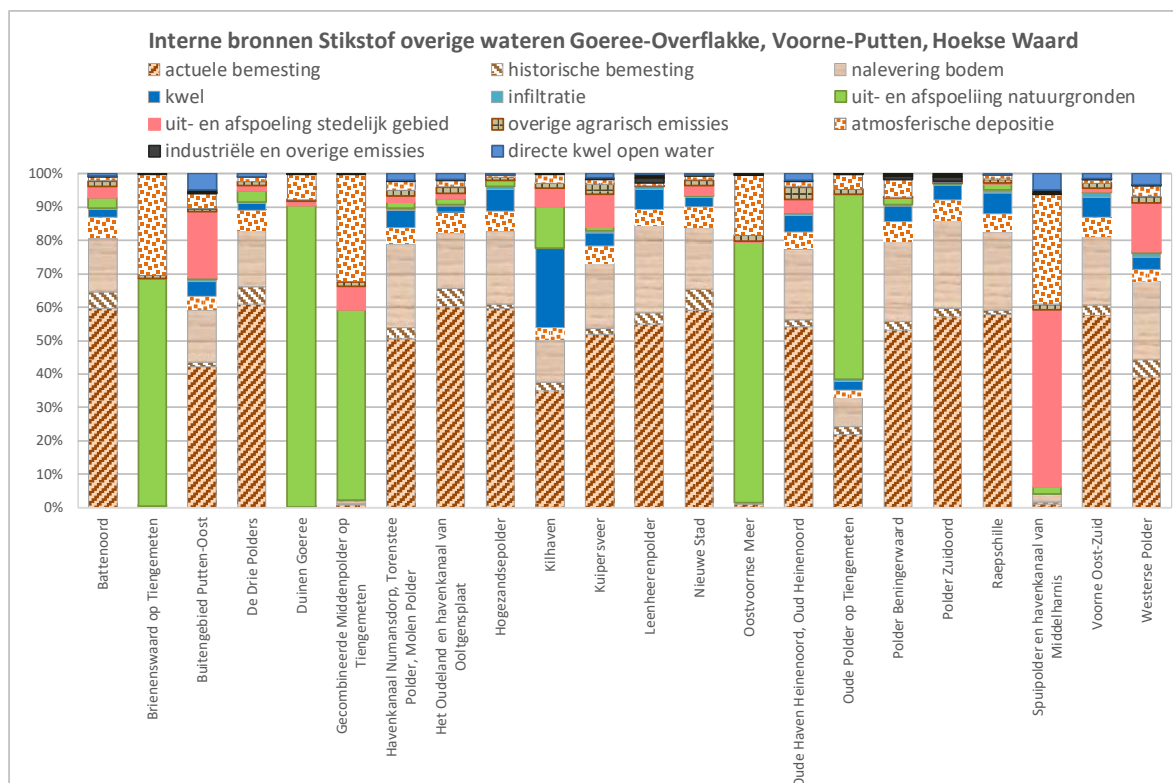
Naam afwateringsgebied	Waterlichaam	Zomergemiddelde hoofdwater	Achtergrondbelasting hoofdwatergangen	Achtergrondconcentratie hoofdwatergangen	Zomergemiddelde haarvaten	Achtergrondbelasting haarvaten	Achtergrondconcentratie haarvaten
		mg/l N	%	mg/l N	Mg/l N	%	Mg/l N
Goeree-Overflakkee							
Afwatering Den Bommel	NL19_46_2	2,3	61%	1,4	2,74	37%	1,0
Afwatering Dirksland	NL19_52_2	1,9	52%	1,0	2,16	39%	0,8
Afwatering Dirksland	NL19_52_22	2,2	52%	1,1	2,16	39%	0,8
Afwatering Galathee	NL19_47_2	2,5	59%	1,5	2,91	35%	1,0
Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	NL19_49_2	2,3	66%	1,5	3,04	39%	1,2
Afwatering kern Middelharnis / Afwatering Het Oudeland van Middelharnis	NL19_51_2	2,5	47%	1,2	1,96	39%	0,8
Afwatering Stellendam	NL19_44_2	2,3	53%	1,2	2,49	41%	1,0
Afwatering Stellendam	NL19_53_2	2,5	53%	1,3	2,49	41%	1,0
Afwatering Witte Brug	NL19_54_2	2,3	80%	1,8	2,53	55%	1,4
Boezem van Oude-Tonge	NL19_45_2	2,1	62%	1,3		86%	0,0
Groote Kreek	NL19_48_2	2,4	55%	1,3	2,82	33%	0,9
Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	NL19_41_2	2,0	86%	1,7	2,37	39%	0,9
Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	NL19_42_2	2,4	86%	2,0	2,37	39%	0,9
Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	NL19_43_2	2,2	86%	1,9	2,37	39%	0,9
Voorne-Putten							
Afwatering Groot Voorne West	NL19_18_2	2,8	68%	1,9	2,06	49%	1,0
Afwatering Voorne Oost	NL19_19_2	1,9	72%	1,3	2,65	48%	1,3
Brielse Meer en Bernisse	NL19_17_2	2,2	100%	2,2		85%	0,0
De Dalle	NL19_20_2	2,7	68%	1,9	2,93	65%	1,9
Kanaal door Voorne	NL19_22_2	2,6	60%	1,6	1,87	20%	0,4
Vierambachtenboezem West / Vierambachtenboezem Oost	NL19_21_2	1,5	71%	1,1	1,88	65%	1,2
Vierambachtenboezem West / Vierambachtenboezem Oost	NL19_23_2	1,6	71%	1,2	1,88	65%	1,2
Hoeksche Waard							
Afwatering Polder Moerkerken	NL19_13_2	2,5	56%	1,4	2,75	44%	1,2
Afwatering Polder Moerkerken	NL19_15_2	2,0	56%	1,1	2,75	44%	1,2
Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	NL19_01_2	1,4	67%	0,9		63%	
De Keen (bovenstrooms gemaal Overwater) / Afwatering Oudeland Strijen	NL19_07_2	2,9	53%	1,5		48%	
De Keen (bovenstrooms gemaal Overwater) / Afwatering Oudeland Strijen	NL19_08_2	4,2	53%	2,2		48%	
Meer en Oude Mol	NL19_12_2	3,0	61%	1,8		40%	
Oostvliet	NL19_09_2	2,0	53%	1,1	2,28	51%	1,2
Oud-Beijerlandsche Kreek / De Vliet	NL19_03_2	2,7	53%	1,4	2,54	45%	1,1
Oud-Beijerlandsche Kreek / De Vliet	NL19_04_2	2,5	53%	1,3	2,54	45%	1,1
Piershilsche Gat/Vissersvliet	NL19_02_2	2,7	54%	1,5	3,40	41%	1,4
Schuringsche Haven / Verlorendiep	NL19_05_2	2,2	50%	1,1	2,37	42%	1,0
Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	NL19_06_2	2,5	48%	1,2		46%	0,0

Tabel 3.7 Berekende achtergrondbelasting en achtergrondconcentraties Fosfor in de hoofdwatgangen en haarvaten van de (KRW)waterlichamen in Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en Hoeksche Waard.

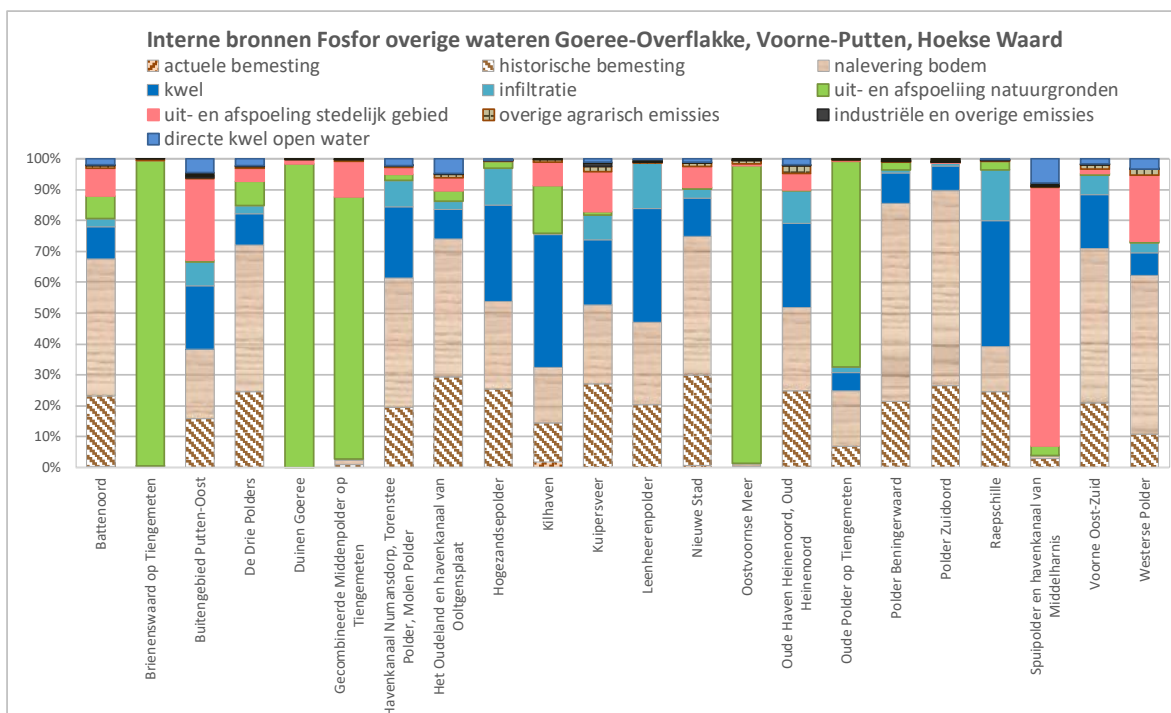
Naam afwateringsgebied	Waterlichaam	Zomergemiddelde hoofdwater	Achtergrondbelasting hoofdwatgangen	Achtergrondconcentratie hoofdwatgangen	Zomer gemiddelde haarvaten	Achtergrondbelasting haarvaten	Achtergrondconcentratie haarvaten
		mg/ l P	%	mg/ l P	mg/ l P	%	mg/ l P
Goeree-Overflakkee							
Afwatering Den Bommel	NL19_46_2	0,12	76%	0,09	0,13	71%	0,10
Afwatering Dirksland	NL19_52_2	0,24	77%	0,19	0,23	73%	0,17
Afwatering Dirksland	NL19_52_22	0,24	77%	0,19	0,23	73%	0,17
Afwatering Galathee	NL19_47_2	0,17	73%	0,12	0,19	68%	0,13
Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	NL19_49_2	0,14	76%	0,11	0,16	70%	0,11
Afwatering kern Middelharnis / Afwatering Het Oudeland van Middelharnis	NL19_51_2	0,14	74%	0,10	0,12	73%	0,09
Afwatering Stellendam	NL19_44_2	0,30	68%	0,20	0,35	61%	0,21
Afwatering Stellendam	NL19_53_2	0,35	68%	0,24	0,35	61%	0,21
Afwatering Witte Brug	NL19_54_2	0,63	92%	0,58	0,59	78%	0,46
Boezem van Oude-Tonge	NL19_45_2	0,14	74%	0,10		76%	
Groote Kreek	NL19_48_2	0,22	71%	0,16	0,21	67%	0,14
Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	NL19_41_2	0,34	92%	0,31	0,18	55%	0,10
Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	NL19_42_2	0,66	92%	0,61	0,18	55%	0,10
Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	NL19_43_2	0,20	92%	0,18	0,18	55%	0,10
Voorne-Putten							
Afwatering Groot Voorne West	NL19_18_2	0,46	82%	0,38	0,35	79%	0,28
Afwatering Voorne Oost	NL19_19_2	0,25	83%	0,21	0,18	81%	0,15
Brielse Meer en Bernisse	NL19_17_2	0,08	100%	0,08		90%	
De Dalle	NL19_20_2	0,21	82%	0,17	0,30	81%	0,24
Kanaal door Voorne	NL19_22_2	0,46	44%	0,20	0,75	11%	0,08
Vierambachtenboezem West / Vierambachtenboezem Oost	NL19_21_2	0,21	83%	0,17	0,21	82%	0,18
Vierambachtenboezem West / Vierambachtenboezem Oost	NL19_23_2	0,23	83%	0,19	0,21	82%	0,18
Hoeksche Waard							
Afwatering Polder Moerkerken	NL19_13_2	0,13	75%	0,09	0,14	74%	0,10
Afwatering Polder Moerkerken	NL19_15_2	0,09	75%	0,07	0,14	74%	0,10
Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	NL19_01_2	0,06	63%	0,04		61%	
De Keen (bovenstrooms gemaal Overwater) / Afwatering Oudeland Strijen	NL19_07_2	0,23	70%	0,16		68%	
De Keen (bovenstrooms gemaal Overwater) / Afwatering Oudeland Strijen	NL19_08_2	0,25	70%	0,17		68%	
Meer en Oude Mol	NL19_12_2	0,14	78%	0,11		75%	
Oostvliet	NL19_09_2	0,11	78%	0,08	0,26	77%	0,20
Oud-Beijerlandsche Kreek / De Vliet	NL19_03_2	0,12	78%	0,09	0,13	76%	0,10
Oud-Beijerlandsche Kreek / De Vliet	NL19_04_2	0,17	78%	0,13	0,13	76%	0,10
Piershilsche Gat/Vissersvliet	NL19_02_2	0,19	76%	0,15	0,25	75%	0,19
Schuringsche Haven / Verlorendiep	NL19_05_2	0,10	76%	0,08	0,14	75%	0,10
Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	NL19_06_2	0,14	78%	0,11		78%	

3.7 Herkomst nutriënten overige wateren

In het voorgaande zijn de nutriëntenbalansen berekend voor de wateren die voor de KRW als oppervlaktewaterlichaam zijn aangewezen. De belasting en herkomst zijn ook berekend voor de afwateringsgebieden in de Hoeksche Waard, Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee die niet als KRW-waterlichaam zijn aangewezen. Hierbij is geen rekening gehouden met waterinlaat en afwenteling. De belasting is dus alleen berekend voor de bronnen in de afwateringsgebieden zelf. De resultaten hiervan zijn opgenomen in Bijlage 6. Figuur 3.10 (stikstof) en Figuur 3.11 (fosfor) geven het overzicht van de jaargemiddelde verdeling van de interne bronnen.



Figuur 3.10 Jaargemiddelde bijdrage interne bronnen aan de stikstofbelasting 2006-2013 in de overige wateren van Goeree-Overflakkee, Hoeksche Waard en Voorne-Putten.



Figuur 3.11 Jaargemiddelde bijdrage interne bronnen aan de fosforbelasting 2006-2013 in de overige wateren van Goeree-Overflakke, Hoeksche Waard en Voorne-Putten.

In enkele gebieden levert af- en uitspoeling uit natuurgronden de grootste bijdrage, hetgeen samenhangt met het landgebruik. Ditzelfde geldt voor uitspoeling uit het openbaar groen in stedelijk gebied. Ook is er door het relatief grote areaal open water in diverse gebieden een belangrijke bijdrage van atmosferische depositie. De berekende belasting van de overige wateren is per gebied ook weergegeven in Bijlage 6 (jaarbasis en zomerhalfjaar).

3.8 Ammoniumbelasting KRW-waterlichamen zomerhalfjaar

Naast de totale stikstofbelasting kan de belasting met ammonium een belangrijke factor zijn voor de ecologie. Daarom is de ammoniumbelasting van de KRW-waterlichamen in Goeree-Overflakke, Hoeksche Waard en Voorne-Putten apart gekwantificeerd voor de volgende bronnen: uit- en afspoeling landbouw en natuurgronden, directe kwel, RWZI's en waterinlaat. Deze bronnen vormen in de meeste gebieden in het zomerhalfjaar meer dan 85% van de totale stikstofbelasting. Van de overige bronnen (erfafspoeling, glastuinbouw, meemesten sloten, industrie, overstorten, depositie) kan vanuit Emissie-Registratie geen onderscheid tussen ammonium en de andere stikstofvormen worden gemaakt. De gemiddeld berekende ammoniumbelasting voor de periode 2008-2013 is weergegeven in Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Ammoniumbelasting naar het oppervlaktewater (kg N-NH₄.ha⁻¹) voor de periode 2008-2013 voor 25 deelgebieden in het beheergebied van waterschap Hollandse Delta.

Deelgebied	Uit- en afspoeling landelijk gebied	Waterinlaat	Directe kwel open water	RWZI's
Afwatering Den Bommel	0,69	0,17	0,09	-
Afwatering Dirksland	0,66	0,05	0,14	-
Afwatering Galathee	0,72	0,15	0,04	-
Afwatering Groot Voorne West	2,89	0,17	0,30	-
Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	0,68	0,24	0,08	-
Afwatering kern Middelharnis/Afwatering Het Oudeland van Middelharnis	0,67	0,03	0,07	-
Afwatering Polder Moerkerken	3,20	0,21	0,05	-
Afwatering Stellendam	0,87	0,04	0,02	-
Afwatering Voorne Oost	2,92	0,18	0,19	-
Afwatering Witte Brug	0,99	0,44	0,00	-
Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	0,67	0,03	0,57	-
Boezem van Oude-Tonge	0,64	- ¹	1,14	-
Brielse Meer en Bernisse	1,00	10,08	1,62	-
De Dalle	1,45	0,05	0,36	-
De Keen (bovenstrooms gemaal Overwater) / Afwatering Oudeland Strijen	2,04	0,26	0,12	-
Groote Kreek	0,72	0,13	0,03	-
Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	0,82	1,46	0,00	0,24 ²
Kanaal door Voorne	3,19	- ¹	1,09	4,42
Meer en Oude Mol	3,89	0,11	0,10	-
Oostvliet	3,90	0,01	0,26	0,14 ²
Oud-Beijerlandsche Kreek / De Vliet	3,45	0,03	0,17	-
Piershilsche Gat/Vissersvliet	4,08	0,07	0,14	0,01 ²
Schuringsche Haven / Verlorendiep	3,85	0,05	0,12	-
Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	3,55	0,01	0,32	-
Vierambachtenboezem-West / -Oost	1,21	0,02	0,32	-

- 1 Voor deze gebieden betreft het geen waterinlaat vanuit de Rijkswateren, maar afwenteling van bovenstrooms gelegen afwateringsgebieden. Omdat de herkomst van het bovenstroomse deel de resultante is van alle bronnen en niet voor alle bronnen de ammoniumbelasting bekend is, kan de aanvoer van ammonium niet bepaald worden.
- 2 Gemiddelde ammoniumconcentratie aangehouden van 0,33 mg/l (Emissiereductie RWZI Goedereede; onderzoek naar de noodzaak, de effectiviteit en haalbaarheid van mogelijke maatregelen voor emissiereductie van nutriënten bij RWZI Goedereede, H. van Rossum, 2016). Voor de RWZI's Goudswaard en Strijen is ook 0,33 mg/l NH₄ aangehouden.

Om een beeld te krijgen van de ammoniumbelasting in verhouding tot de stikstofbelasting zijn deze voor de drie gebieden gesommeerd en in Figuur 3.12 naast elkaar gezet. Omdat voor ammonium niet voor alle bronnen de ammoniumbelasting bekend is, zijn alleen de uit- en afspoeling, waterinlaat, directe kwel naar het open water en de RWZI's meegenomen. Ook zijn de deelgebieden kanaal door Voorne en Boezem van Oude-Tonge niet meegenomen, omdat de inlaat van deze gebieden afkomstig is van andere deelgebieden en het niet mogelijk is om de belasting van ammonium via afwatering apart mee te nemen. De totale ammoniumbelasting voor Goeree-Overflakkee is ca. 25% van de totale stikstofbelasting naar het oppervlaktewater, voor de Hoeksche Waard en Voorne-Putten is dit ca. 40%.



Figuur 3.12 Stikstof- en ammoniumbelasting van het oppervlaktewater in het zomerhalfjaar (kg ha^{-1}) in de afwateringsgebieden van de KRW-waterlichamen in Goeree-Overflakkee, Hoeksche Waard en Voorne-Putten voor de periode 2008-2013 voor de bronnen uit- en afspoeling, inlaat en directe kwel naar open water. De belasting in Boezem Oude Tonge en Kanaal van Voorne zijn in dit overzicht niet meegenomen.

3.9 Reflectie op de nutriëntenbalansen

Voor de KRW-waterlichamen zijn volledige water- en nutriëntenbalansen berekend. De belangrijkste balansposten hierin zijn de af- en uitspoeling vanuit landbouwgronden, waterinlaat, atmosferische depositie van stikstof en retentie. RWZI's en uitspoeling uit stedelijk gebied geven in enkele gebieden ook een belangrijke bijdrage. Voor het Kanaal van Voorne en Boezem Oude Tonge komt een belangrijk deel van de nutriëntenbelasting door afwatering van bovenstroomse waterlichamen.

Voor de af- en uitspoeling, waterinlaat en retentie gelden op basis van landelijke studies aanzienlijke onzekerheidsmarges (ongeveer 25%), maar deze marges zijn voor het studiegebied moeilijk nader in te schatten. Het meest onzeker lijken de uitspoeling van fosfor, de retentie van fosfor en waterinlaat. Voor uitspoeling is met name de invloed van fosfaatrijke kwel onzeker, omdat op weinig locaties de grondwaterkwaliteit periodiek wordt gemeten. Daardoor ontbreekt een betrouwbaar ruimtelijk beeld van de grondwaterkwaliteit. De rekenmethode voor de retentie van fosfor in poldergebieden is globaal en houdt weinig rekening met gebied-specifieke omstandigheden. In de meeste gebieden zijn de debieten van waterinlaat overgenomen van Arcadis die deze hebben afgeleid ten behoeve van de watersysteemanalyses. Onzekerheidsmarges hiervan zijn niet gekwantificeerd.

Ondanks deze onzekerheden biedt de validatie die voor 9 van de 25 afwateringsgebieden kon worden uitgevoerd, vertrouwen in de plausibiliteit van de water- en nutriëntenbalansen.

Voor de overige wateren (niet KRW-waterlichamen) is geen rekening gehouden met de belasting door waterinlaat en/of afwatering. Hierdoor zijn in feite geen volledige balansen opgesteld. De belasting in die gebieden wordt gedomineerd door uit- en afspoeling, mede omdat op deze wateren geen lozingen zijn van RWZI's. Voor de waterlichamen in IJsselmonde en het Eiland van Dordrecht zijn de balansen afgeleid van een voorgaande landelijke studie. In tegenstelling tot de balansen van de waterlichamen in Goeree-Overflakkee, Hoeksche Waard en Voorne-putten zijn hier de STONE-rekeneenheden minder toegespitst op de regionale situatie en is voor de waterinlaat en afwatering uitgegaan van inventarisaties bij de waterschappen die in 2008-2009 voor toepassingen van ECHO zijn uitgevoerd.

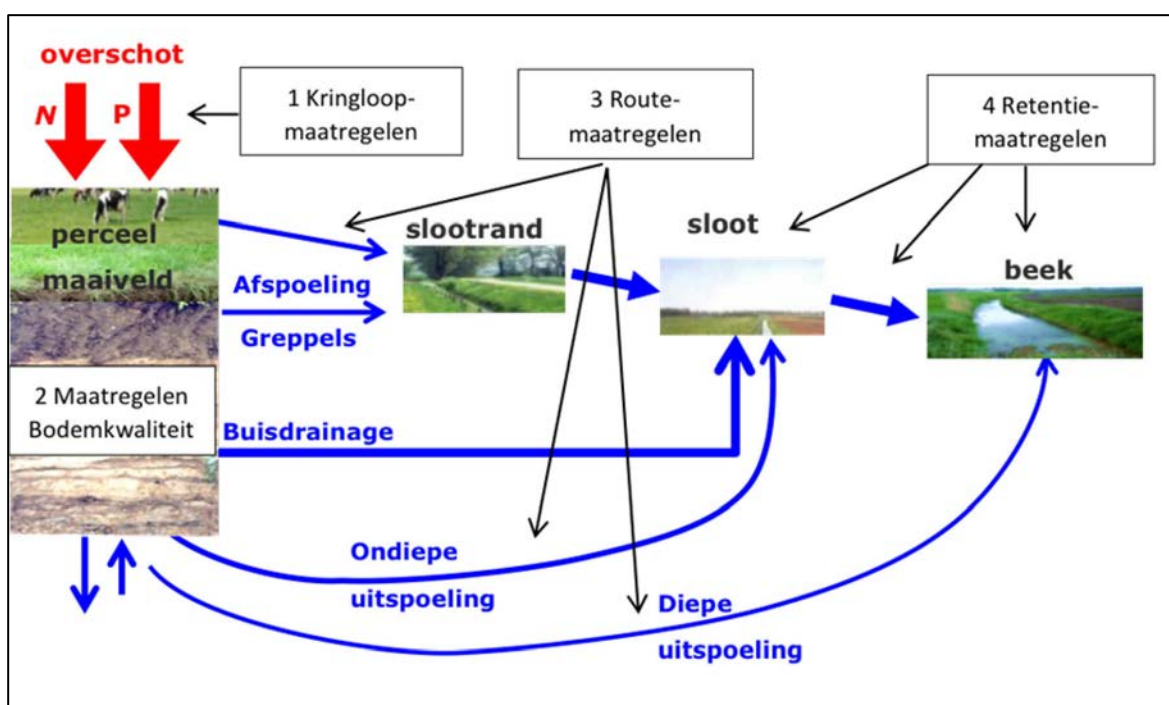
Voor de bronnen achter de af- en uitspoeling vanuit landbouwgronden moet worden bedacht dat het onderscheid tussen de uitspoeling die voortkomt uit actuele en historische bemesting arbitrair is, omdat dit wordt beïnvloed door de keuze van de periode waarvoor bemesting als historisch wordt

beschouwd. Ook het onderscheid tussen kwel en nalevering is moeilijk te maken, omdat door kwel nutriënten vanuit de diepere ondergrond in de ondiepe bodemlagen terechtkomen en vanuit die bodemlagen lang kunnen naleveren. Tijdens het symposium [KRW-doelen2027-dilemma's & oplossingsrichtingen](#) (juni 2010) zijn aanbevelingen gedaan om de methode te verbeteren en daarmee het onderscheid tussen 'historisch' en 'actueel' scherper te maken. Dit wordt opgepakt in het project Nutriëntenmaatregelen van het onderzoeksprogramma [KennisimpulsWaterkwaliteit](#).

4 Effectiviteit maatregelen

4.1 Algemene beschouwing over maatregelen

Uit het voorgaande blijkt dat de nutriëntenbelasting voor een belangrijk deel wordt bepaald door uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden. In het Bestuurlijk Overleg Open Teelten en veehouderij (BOOT) is een lijst met maatregelen vastgesteld om waterkwaliteit, waterkwantiteit en/of bodemkwaliteit te verbeteren. Achtergrondinformatie over deze maatregelen is te vinden in Verloop et al., 2018). Deze maatregelen kunnen gegroepeerd worden in vier typen maatregelen die achtereenvolgens ingrijpen op het nutriënten-overschot (bron), de efficiëntie van bemesting (maatregelen bodemkwaliteit), de verliesroutes dan wel de retentie in het ontvangende waterlichaam (Figuur 4.1). 'Kringlooplandbouw' is een bron-maatregel waarmee het stikstofbodemoverschot wordt verlaagd. De maatregelen 'Bodemverbetering' en 'Precisiebemesting' grijpen aan op de efficiëntie van bemesting dan wel het bodemoverschot.



Figuur 4.1 Indeling van maatregelen voor het verlagen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater naar aangrijpingspunt: kringloop, bodem, route en retentie (Rozemeijer, 2016).

Het mestbeleid in Nederland was tot 2016 vooral gericht op verlaging van de aanvoer van mest naar de bodem, dat wil zeggen een reductie van het overschot. Dit gebeurde via gewasspecifieke gebruiksnormen voor werkzame N, P-normen afhankelijk van de bodemtoestand en gebruiksvorschriften wanneer mest wel of niet toegediend mag worden. In het huidige mestbeleid (zesde Nitraatactieprogramma) wordt echter meer dan voorheen aandacht besteed aan maatregelen die ingrijpen op de transportroutes richting het oppervlaktewater (routemaatregelen). Uit eerdere studies blijkt dat deze aanvullende acties essentieel zijn om de doelen van de KRW te bereiken (Grinsven & Bleeker, 2017). Anno 2018 krijgt dat vooral vorm via het bovenwettelijke spoor binnen het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW). Het grootste deel van deze maatregelen focust op kringloopmaatregelen en bodemkwaliteit.

De BOOT-lijst vermeldt groene en rijpe maatregelen zonder onderscheid te maken. Voor de maatregelen op deze lijst geldt overwegend dat een positief effect op de waterkwaliteit wordt verwacht op basis van logisch redeneren, soms ondersteund met modelberekeningen. Slechts van een klein aantal maatregelen zijn de effecten werkelijk onderzocht in veldonderzoek.

Daarbij komt dat de daadwerkelijke effectiviteit afhangt van de manier waarop de maatregelen worden ingezet.⁴ De meeste maatregelen zijn namelijk alleen effectief in specifieke bodems of bouwplannen of gelden alleen voor N of voor P. Of bij het combineren van maatregelen versterking of uitdoving van effecten verwacht mag worden, is niet bekend. De link tussen maatregelen en effecten op de ecologische waterkwaliteit zijn daarbij vaak indirect, en vaak alleen op langere termijn zichtbaar. Op basis van expertkennis is geconcludeerd dat met combinaties van de geselecteerde maatregelen, boven op de maatregelen van bestaand beleid, een substantiële daling van de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater kan worden gerealiseerd (Groenendijk, 2016; Rozemeijer, 2016). De toepassing, effectiviteit, de kosteneffectiviteit en termijn waarop effecten op de waterkwaliteit zichtbaar zijn, zijn echter sterk afhankelijk van regionale omstandigheden.

De *Commissie Deskundigen Meststoffenwet* (Velthof, 2018) heeft recentelijk een eerste selectie gemaakt van effectieve maatregelen:

- Gewasbeheer: rijenbemesting bij maïs en groentegewassen, voorjaarstoediening van mest op kleigrond in plaats van najaarstoediening, uitbreiding van het areaal vanggewas, geen mest toedienen op gescheurd grasland, afvoer van gewasresten en hergebruik van slootbagger;
- Bodembeheer: uitmijnen van bodemfosfaat in landbouwgronden, de teelt van maïs in stroken uitgefreesd in grasland en minimale grondbewerking;
- hydrologische maatregelen: beperken van oppervlakkige afspoeling en verbeterde drainage.
- Technische maatregelen: het inrichten van reactieve barrières in en op de bodem van een landbouwperceel en fosforverwijdering uit het oppervlaktewater (waterzuivering);
- Ruimtelijke maatregelen: aanpassen van het bouwplan, beperking van beweiding, teelten uit de grond, grasbufferstroken en het saneren van hotspots van uit- en afspoeling.

De mogelijke reductie in N- en P-belasting die te realiseren is via bodemverbeterende maatregelen of maatregelen die ingrijpen op de efficiëntie van bemesting varieert tussen klei-, veen- en zandgronden, waarbij de effecten voor stikstof groter zijn dan die voor fosfaat. Of deze reductie ook daadwerkelijk gerealiseerd kan worden, hangt in sterke mate samen met de implementatiegraad van de maatregelen. Een effectieve aanpak stuurt daarom via goed afgestemd bodem- én waterbeheer op een hoge benutting en retentie, waarbij rekening wordt gehouden met de lokale geohydrologie. De grootste effecten worden verwacht van maatregelen die ingrijpen op ondiepe af- en uitspoelingsroutes, in het bijzonder voor fosfaat. De uitgangspunten en rekenresultaten van de maatregelen die zijn doorgerekend, worden behandeld in de volgende paragrafen.

4.2 Effecten generiek mestbeleid

De belasting, herkomst en daaraan gerelateerde opgave zijn afgeleid van de af- en uitspoeling van de afgelopen jaren (2010-2017) en zijn derhalve een resultaat van het mestbeleid dat was vastgelegd in het 4^e (en daaraan voorafgaande) Nitraat Actie Programma('s) (NAP). Momenteel is het 6^e NAP van kracht. De effecten van het generiek mestbeleid conform het 5^e NAP op de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater zijn afgeleid op basis van bestaande berekeningen met STONE (Groenendijk, 2015) die zijn uitgevoerd in het kader van de ex-ante-evaluatie KRW (Van Gaalen, 2016). Dit betreft modelberekeningen waarin alleen de veranderingen in gebruiksnormen en werkingscoëfficiënten zijn meegenomen.

⁴ Een aantal voorbeelden:

- Maatregelen die zorgen voor betere bemesting werken alleen als ook daadwerkelijk de hoogte van de gift wordt aangepast aan de hogere werking.
- Maatregelen voor een goed slootkantbeheer/bufferstroken zijn alleen effectief bij een goede uitvoering.
- Maatregelen die pleiten voor meer organische stof werken alleen als er minder dan 2% in de bodem aanwezig is en ingepast zijn binnen een goed doordacht bouwplan (met bodembeheer). Zonder deze inbedding kan een verhoging van organische stof via aanvoer van reststromen (die deels buiten de mestboekhouding vallen) zelfs zorgen voor negatieve effecten op de waterkwaliteit.

Het generieke mestbeleid conform het 5^e NAP grijpt voornamelijk aan op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater via uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden. De belasting vanuit andere bronnen verandert niet, hoewel verwacht kan worden dat het generieke mestbeleid ook enige invloed heeft op de emissies vanuit overige agrarische bronnen (meemesten sloten, erfafspoeling, glastuinbouw). Het effect van het generieke mestbeleid op de bijdrage van deze bronnen is niet bekend en derhalve niet meegenomen.

De effecten van het generieke mestbeleid conform het 5^e NAP op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden voor het einde van de KRW-planperiode zijn berekend door een link te leggen tussen de rekeneenheden die bij deerschikking voor de hier beschouwde deelstroomgebieden zijn geselecteerd en de rekeneenheden waarmee met de landelijke modelstudie het effect van het generieke mestbeleid (5^e NAP) is berekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 4.1. De berekeningen zijn uitgevoerd op het niveau van de afwateringsgebieden maar vanwege het indicatieve karakter van de berekeningen zijn de resultaten in Tabel 4.1 weergegeven op het niveau van de deelgebieden.

Tabel 4.1 Verandering van de af- en uitspoeling aan het einde van de KRW-planperiode, uitgaande van het generieke mestbeleid (STONE-berekeningen 5e NAP).

Polder	Δ af- en uitspoeling jaargemiddeld		Δ af- en uitspoeling zomerhalfjaargemiddeld	
	Stikstof (%)	Fosfor (%)	Stikstof (%)	Fosfor (%)
Goeree-Overflakkee	-3,7%	-1,2%	-3,8%	-1,2%
Voorne-Putten	-1,1%	-1,3%	-0,9%	-1,1%
Hoeksche Waard	-1,5%	-1,0%	-0,7%	-0,9%

Uit Tabel 4.1 komt naar voren dat de af- en uitspoeling van stikstof door het generieke mestbeleid conform het 5^e NAP aan het einde van de KRW-planperiodejaargemiddeld afneemt met circa 3,7% in Goeree-Overflakkee tot 1,2% in Voorne-Putten. In het zomerhalfjaar is het effect vergelijkbaar (gemiddeld 1,9%), maar zijn de verschillen per gebied wat groter. De af- en uitspoeling uit landbouwgronden met fosfor daalt jaargemiddeld en in het zomerhalfjaar met circa 1,1% (0,9 à 1,3%).

4.3 DAW-maatregelen

4.3.1 Bodemverbetering

Voor een goede gewasopbrengst en bijbehorende goede benutting van nutriënten is het belangrijk dat de bodem van voldoende kwaliteit is. Dat betekent dat de bodem bij voorkeur voldoende organisch materiaal bevat en niet verdicht is, zodat er een goede beschikbaarheid is van voedingsstoffen, water en zuurstof. De maatregel 'bodemverbetering' berekent het gecombineerde effect van de volgende maatregelen:

- Tegengaan bodemverdichting: verdichte grond loswoelen of diepploegen, en geen grondbewerkingen meer uitvoeren in ongunstige (natte) perioden (op minerale gronden);
- Organische stofgehalte (in schrale gronden met minder dan 2% organische stof) verhogen;
- Gewassen en rassen kiezen die dieper wortelen.

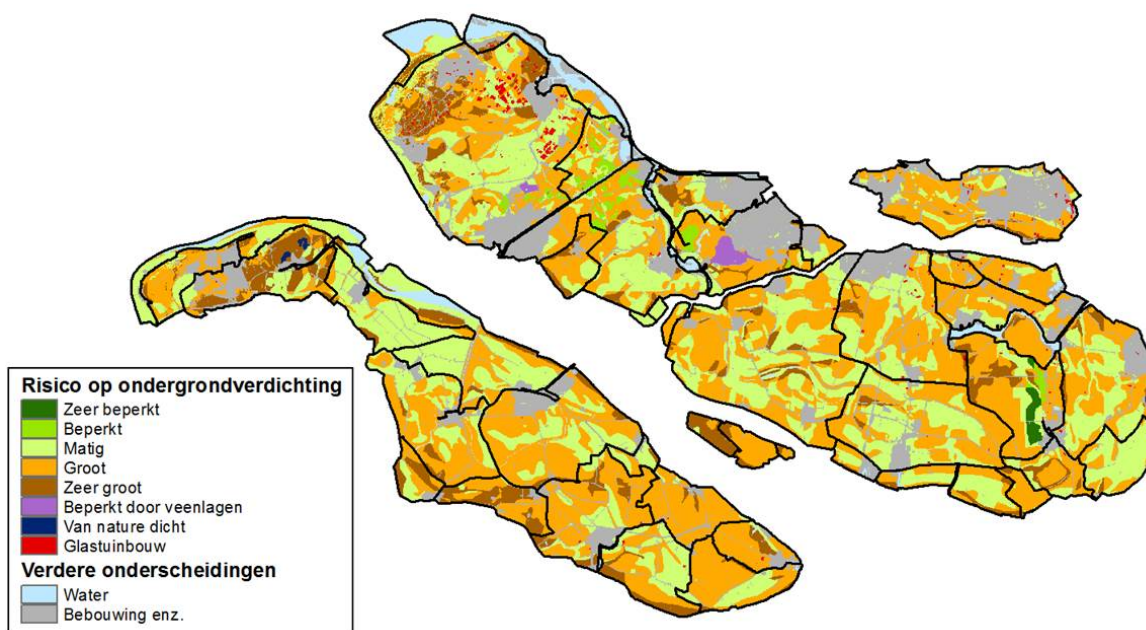
Deze maatregel is landelijk doorgerekend met STONE (Groenendijk, 2016). De in die studie berekende maatregel heeft betrekking op zand, zavel en kleigronden met risico op ondergrondverdichting. Hiervoor is gebruikgemaakt van de bodemverdichtingskaart die is gemaakt voor het PRISMA-project 'Gevoeligheid voor ondergrondverdichting in het landelijk gebied' (Van den Akker, 2012). Figuur 4.2 geeft de in dit project berekende risicoklassen voor bodemverdichting. De meeste gronden vallen in de klasse matig en groot risico.

Veengebieden zijn buiten beschouwing gelaten, gezien hun beperkte risico op bodemverdichting. De maatregel is vooral van toepassing op de zandige akkerbouwpercelen in het studiegebied. Daar zijn namelijk in de regel intensieve bodembewerking en ruggenteelten met een verhoogd risico op N- en P-afspoeling en staat de bodemkwaliteit onder druk.

Het met het STONE-model berekende effect op de uit- en afspoeling van nutriënten is geschaald met een factor voor de mate van het risico voor ondergrondverdichting. Bij het berekenen van het effect is ervan uitgegaan dat de gewasopname stijgt door het nemen van maatregelen die de bodemstructuur verbeteren: 10% hogere N- en P-opname uit akker- en tuinbouwgewassen en 5% hogere N- en P-opname uit grasland en snijmais.

Daarnaast is aangenomen dat de waterhuishouding verbetert door het tegengaan van verdichting: door de betere doorlatendheid van de bodem neemt de kans op oppervlakkige afstroom af en verbetert de capillaire nalevering van grondwater met minder kans op droogteschade tot gevolg. Meer details over de gekozen modelaanpak bij het doorrekenen van deze maatregel is te vinden in Groenendijk (2016).

De effecten van bodemverbetering zijn berekend door een link te leggen tussen de rekeneenheden die bij deerschikking voor het landbouwareaal op zand en klei zijn geselecteerd en de rekeneenheden waarmee met de landelijke modelstudie het effect van bodemverbetering op de uit- en afspoeling is berekend. Bedacht moet worden dat de aannames die in die modelberekening zijn gehanteerd ervan uitgaan dat in de huidige situatie sprake is van een sterk verdichte bodem en dat dit door bodemverbeterende maatregelen geheel wordt hersteld.



Figuur 4.2 Risico's voor ondergrondverdichting in het studiegebied.

4.3.2 Precisiebemesting

De uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater kan worden verminderd door het beter timen en plaatsen van de mestgift, zodat het gewas de nutriënten in de mest beter benut. Ook het telen van een vanggewas na de oogst zorgt voor een betere nutriëntenbenutting. De maatregel 'precisiebemesting' berekent het gecombineerde effect van de volgende maatregelen:

- Stel voorjaarstoediening van dierlijke mest met vier weken uit t.o.v. wat nu is toegestaan.
- Geef iets minder N-kunstmest, want de werkzaamheid van dierlijke mest is door latere toediening iets groter.
- Pas op zuidelijke zandgronden rijenbemesting toe bij maisteelt.

- Teel een vanggewas na (vroegrijpe) snijmais op zand- en lössgrond.
- Teel een vanggewas op 40% van het areaal aan akker- en tuinbouwgewassen (granen en helft consumptieaardappelen).

Bij het met het STONE-model berekende effect van 'precisiebemesting' is aangenomen dat de N-kunstmest gift daalt met 5% voor zangronden en met 2% voor kleigronden. Daarnaast is aangenomen dat het vanggewas na akker- en tuinbouwgewassen 90 kg N ha⁻¹ opneemt vanaf medio augustus; dit vereist overigens wel vakmanschap, omdat dit in de praktijk niet vaak gerealiseerd wordt. Omdat de maatregel geldt voor 40% van het akker- en tuinbouwareaal, komt dit neer op gemiddeld 36 kg N ha⁻¹. Meer details over de gekozen modelaanpak bij het doorrekenen van deze maatregel is te vinden in Groenendijk (2016).

De effecten van precisiebemesting zijn berekend door een link te leggen tussen de rekeneenheden die bij de herschikking voor het areaal met akkerbouw zijn geselecteerd en de rekeneenheden waarmee met de landelijke modelstudie het effect van precisiebemesting op de uit- en afspoeling is berekend.

4.3.3 Verlaging stikstofbodemoverschot melkveebedrijven

Melkveehouders kunnen diverse maatregelen nemen om de kringloop van stikstof op het bedrijf zodanig te verbeteren dat de stikstofbodemoverschotten afnemen. Daling van het stikstofbodemoverschot is in de praktijk vaak rendabel gebleken voor melkveehouders (Verloop, 2018), maar kan ook haalbaar zijn voor diverse akkerbouwgewasrotaties, met name als daar binnen de rotatie slimme vanggewassen worden ingezet. Zinvol is ook om de mest slim te verdelen over de percelen van een bedrijf: percelen met een hoge benutting zouden meer mest moeten krijgen dan percelen met een lage benutting. Indirecte parameters voor een hoge bodemvruchtbaarheid zijn zowel de fosfaatbuffer-index als het N-leverend vermogen.

Met uitgekiend mineralenmanagement kunnen melkveebedrijven het stikstofbodemoverschot veelal verlagen. Het vakmanschap van de ondernemer is hierbij cruciaal: door te sturen op het 4xR-strategie (de mest in de juiste vorm, de juiste hoeveelheid, de juiste locatie en het juiste tijdstip) kan efficiënt gestuurd worden op een hoge benutting van nutriënten en lage verliezen naar het watersysteem.

Goede kennis van de natuurlijke bodemvruchtbaarheid en kennis van de belangrijkste verliesroutes is hierbij erg belangrijk. Heel concreet betekent dat bijvoorbeeld:

- Het toepassen van minder uitspoelingsgevoelige minerale N-meststoffen in het voorjaar.
- Het verdiepen van de beworteling van grasland.
- Het gebruik van vanggewassen en groenbemesters, waarbij de bemesting van het volggewas wordt aangepast op de vrijkomende N uit de ondergewerkte gewasresten.
- Het beperken van het scheuren van grasland en het aanpassen van de bemesting na het scheuren.
- De inzet van bemestingsvrije zones langs percelen.
- Het beter inzetten van mest op die percelen waar de hoogste opbrengstpotentie kan worden gerealiseerd, rekening houdend met de natuurlijke levering van N en P van percelen.
- Het actief sturen op lagere P-concentraties in de bodemoplossing bij gelijkblijvende of hogere P-buffering.
- Het beperken van stikstofkunstmest in het najaar, afhankelijkheid van de afbreekbaarheid van de organische stikstof in de bodem (zie paragraaf 3.4).

Gericht op vermindering van de N-uitspoeling naar water is de daling van het N-bodemoverschot maatgevend. Op basis van berekeningen die in een eerdere studie is uitgevoerd (Groenendijk, 2016), is per rekeneenheid van SWAP-ANIMO berekend hoeveel de af- en uitspoeling van N afneemt bij daling van het bodemoverschot met 1 kg/ha. Door een link te leggen tussen de rekeneenheden die bij de herschikking voor het studiegebied zijn geselecteerd voor het areaal gras en mais (≈melkveehouderij) en de rekeneenheden van de landelijke studie, is berekend hoeveel de N-af- en -uitspoeling afneemt. Hierbij is aangenomen dat het voor de melkveehouders mogelijk is om met 'Kringloop-wijzer+' maatregelen het N-bodemoverschot te verlagen met 20 kg N/ha. Gegeven de huidige bemestingspraktijk, bodemtoestand en de mestmarkt (met negatieve prijs), is het waarschijnlijk dat de P-voorraden op grasland verder zullen afnemen. Wel gaat deze ontwikkeling

langzaam. Op bouwland mag nog relatief veel P worden aangevoerd en die ruimte wordt binnen de huidige mestwetgeving maximaal benut. Conform eerdere modelstudies zal een verlaging van de P-bemesting weinig tot geen effect hebben op de uit- en afspoeling van fosfaat.

4.3.4 Onderwaterdrainage

Onderwaterdrainage (OWD) is een vorm van drainage waarbij de drains 10 tot 20 cm onder het slootpeil worden aangelegd. De grondwaterstand zakt daardoor in de zomerperiode minder ver uit. Het veen blijft natter en wordt minder snel afgebroken (geoxideerd). Omdat de drains alle water-uitwisseling tussen sloot en veenbodem versnellen, kan bij piekbuien water tijdelijk in de veenbodem worden opgeslagen en daaruit weer snel worden afgevoerd (Hendriks et al., 2012; Akker et al., 2013; Akker et al., 2019). Meer achtergrondinformatie over de werking en effecten van onderwaterdrainage is te vinden in een van de Deltafacts van Deltaproof (Hendriks et al., 2018).⁵

Verondersteld wordt dat onderwaterdrainage een aantal gunstige effecten heeft:

- Door de hogere grondwaterstand in het perceel blijft de grond vochtig en daarmee zuurstofloos, waardoor afbraak van veen door oxidatie met ongeveer de helft wordt afgeremd.
- Door onderwaterdrainage vermindert de fluctuatie van de grondwaterstand, waardoor de kans op verdroging of vernatting afneemt met betere gewasopbrengsten en nutriëntenbenutting als gevolg.
- Zowel door de verandering van transportroutes in de bodem als door de afname van veenaafbraak waardoor minder N en P onder de wortelzone wordt gemineraliseerd als door de verbeterde nutriëntenbenutting, vermindert de uitspoeling van zowel N als P naar het oppervlaktewater.
- Door onderwaterdrainage kan de snelheid van de bodemdaling mogelijk met de helft worden vertraagd. De dikte van een kleidek heeft hier wel invloed op.
- In natte perioden zijn de percelen beter te berijden.

Uit de diverse studies naar onderwaterdrainage volgt dat dit vooral succesvol is onder de volgende omstandigheden:

- De bodem bestaat uit veen en bevat geen dik kleidek.
- De drooglegging (zomerpeil) bedraagt maximaal 60 cm en minimaal 30 cm t.o.v. maaiveld. Uit oogpunt van nutriëntenuitspoeling lijkt 45 cm een gunstige drooglegging. Te grote drooglegging kan namelijk leiden tot meer sulfaatuitspoeling, doordat de drains de oxidatie van pyriet dan stimuleren i.p.v. remmen. Bij te geringe drooglegging neemt de kans op uitspoeling van meststoffen toe, vooral voor stikstof.
- Er is geen sterke kwel.

Voor het onderhavige onderzoek is het effect van onderwaterdrainage ingeschat op basis van de modelstudie waar de effecten van grootschalige toepassing van onderwaterdrainage in peilvak 9 in polder Groot-Wilnis Vinkeveen met SWAP-ANIMO zijn berekend (Hendriks, 2014). In dit onderzoek is een verlaging van de nutriëntenbelasting door onderwaterdrainage op de *lange termijn* (veertig jaar) berekend van 17% voor N en van 23% voor P.

Voor de Hoeksche Waard, Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee zijn de rekenplots geselecteerd die voldoen aan de toepasbaarheidscriteria. Dit zijn in feite alle veengronden. Er is maar een aantal afwateringsgebieden waar deze gronden voorkomen (zie Tabel 4.2). Omdat de arealen met veengronden binnen deze gebieden relatief klein zijn, is de afname van de af- en uitspoeling gering (kleiner dan 1%). Alleen in De Dalle en De Keen / Afwatering Oudeland Strijen is de afname enkele procenten.

⁵ <http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/deltafact/Onderwaterdrains.aspx>

Tabel 4.2 Afwateringsgebieden met de arealen veengronden en de afname van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden door onderwaterdrainage.

Polder	Totaal areaal (ha)	Geschikt areaal OWD (ha)	Afname af- en uitspoeling door OWD	
			Stikstof	Fosfor
Afwatering Groot Voorne West	5.976	10,3	-0,03%	-0,04%
Afwatering Voorne Oost	2.822	78,9	-0,48%	-0,64%
Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	404	2,1	-0,09%	-0,12%
De Dalle	1.252	220,3	-2,99%	-4,05%
De Keen / Afwatering Oudeland Strijen	1.958	197,2	-1,71%	-2,32%
Hogezandsepolder	635	6,9	-0,19%	-0,25%
Oostvliet	2.300	4,8	-0,04%	-0,05%
Oud-Beijerlandsche Kreek / De Vliet	2.630	0,1	<-0,01%	<-0,01%
Vierambachtenboezem-West / -Oost	673	0,5	-0,01%	-0,02%

4.4 Gecombineerd effect mestbeleid en DAW-maatregelen

De berekende effecten van de doorkijk van het generieke mestbeleid conform 5^e NAP en de DAW-maatregelen onderwaterdrainage, Kringloopwijzer+, bodemverbetering en precisiebemesting zijn weergegeven in Tabel 4.3. De verandering van de uit- en afspoeling is uitgedrukt ten opzichte van de uit- en afspoeling die is berekend voor het zomerhalfjaar in de referentieperiode 2010-2013.

De effecten zijn berekend voor alle percelen waarvan is aangenomen dat de maatregel toepasbaar is. Voor Kringloopwijzer+ zijn dit alle gras- en maispercelen (melkveehouderijen), voor bodemverbetering alle landbouw op zandbodems en precisielandbouw voor alle akkerbouwpercelen.

Tabel 4.3 Berekende effecten van DAW-maatregelen: bodemverbetering, Kringloopwijzer+ en precisiebemesting. De effecten zijn weergegeven als percentage waarmee de af- en uitspoeling zoals berekend voor het zomerhalfjaar (2006-2013) verandert. Afname is negatief uitgedrukt.

Afwaterings-gebieden	Generieke mest-beleid (5 ^e NAP)		Bodem-verbetering		Kringloopwijzer +		Precisie-landbouw		Onderwater-drainage	
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Goeree-Overflakkee										
• KRW-lichamen	-4,3%	-0,14%	-18,4%	0,4%	-2,1%	-	-5,7%	0,8%	n.v.t.	n.v.t.
• Overige	-4,0%	-0,16%	-13,8%	0,8%	-1,3%	-	-4,7%	0,8%	n.v.t.	n.v.t.
Hoeksche Waard										
• KRW-lichamen	-1,2%	-0,1%	-9,3%	-1,3%	-0,8%	-	0,2%	1,8%	-2,9%	-3,9%
• Overige	-1,8%	-0,2%	-9,6%	-1,9%	-0,8%	-	0,5%	1,8%	-0,2%	-0,3%
Voorne-Putten										
• KRW-lichamen	-0,9%	-0,2%	-9,7%	0,2%	-2,2%	-	-0,7%	0,9%	-3,5%	-4,7%
• Overige	-2,6%	-0,1%	-9,7%	-1,0%	-0,9%	-	-0,6%	1,2%	n.v.t.	n.v.t.

Effecten van combinaties aan maatregelen

De hierboven beschreven maatregелеffecten gelden voor afzonderlijke maatregelen. Bij het combineren van de DAW-maatregelen valt het gecombineerde effect hoogstwaarschijnlijk lager uit dan de som van de afzonderlijke effecten. Dat is zeker het geval wanneer de maatregelen overlap vertonen en/of op hetzelfde deelsysteem/gebied worden toegepast. In een recent rapport over het effect van maatregelen in het kader van de Nationale Analyse Waterkwaliteit wordt de volgende formule gebruikt om het gecombineerde effect te berekenen (Groenendijk et al., 2020):

$$\text{Totaal effect} = 1 - (1 - \text{deeleffect bronmaatregelen}) \times (1 - \text{deeleffect routemaatregelen}) \times (1 - \text{deeleffect effectgerichte maatregelen})$$

Het deeleffect van een bepaald type maatregelen (bron, route of effectgericht) is hierbij als volgt gedefinieerd, waarbij het maatregелеffect is uitgedrukt in een fractie in plaats van een percentage:

$$\text{Deeleffect} = 1 \times \text{effect_beste_maatregel} + 0.5 \times \text{effect_op_een_na_beste_maatregel} \\ + 0.25 \times \text{effect_op_twee_na_beste_maatregel} + 0.125 \times \dots\dots\dots$$

De landbouwmaatregelen mestbeleid, Kringloopwijzer+, bodemverbetering en precisiebemesting zijn te typeren als bronmaatregelen. Onderwaterdrainage is te typeren als routemaatregel. Het toepassen van bovenstaande methode leidt tot de gecombineerde effecten die zijn weergegeven in Tabel 4.4.

Tabel 4.4 *Grove inschatting van het gecombineerde effect van de in deze studie doorgerkende landbouwmaatregelen: generieke mestbeleid conform 5e NAP, Kringloopwijzer+, bodemverbetering, onderwaterdrainage en precisielandbouw.*

Deelgebied	Type afwateringsgebied	Gecombineerd effect landbouwmaatregelen op de uit- en afspoeling	
		N	P
Goeree-Overflakkee	• KRW-lichamen	-23%	1%
	• Overige wateren	-17%	1%
Hoeksche Waard	• KRW-lichamen	-13%	-4%
	• Overige wateren	-10%	-1%
Voorne-Putten	• KRW-lichamen	-14%	-4%
	• Overige wateren	-11%	-0,4%

De percentages in Tabel 4.4 kunnen worden gezien als een bovengrens. Dit omdat er uitgegaan wordt van een implementatie op alle beschouwde percelen (100% implementatie) en er ook sprake is van overlap tussen bepaalde maatregelen en niet alle maatregelen te combineren zijn op eenzelfde landbouwperceel. De uit- en afspoeling uit landbouwgronden zal aan het einde van de KRW-planperiode volgens deze (modelmatige) inschatting voor stikstof afnemen met 10 à 23%. Voor fosfor is in Goeree-Overflakkee sprake van een lichte toename (1%), voor de andere gebieden een lichte afname (0,4 à 4%).

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Uit het onderzoek blijkt dat in de meeste afwateringsgebieden een groot deel (meer dan de helft) van de nutriëntenbelasting wordt bepaald door af- en uitspoeling vanuit landbouwgronden. Wel zijn er grote verschillen tussen de afwateringsgebieden qua belasting en herkomst. Voor stikstof wordt de af- en uitspoeling vooral bepaald door actuele bemesting en in iets mindere mate door (seminatuurlijke) nalevering van de bodem. Voor fosfor wordt de af- en uitspoeling vooral bepaald door historische mestgiften, nalevering uit de landbouwbodem en kwel. De uitspoeling van fosfor is in Goeree-Overflakkee duidelijk minder dan in de Hoeksche Waard en Voorne-Putten. Andere belangrijke bronnen zijn inlaat en waterinlaat (vooral voor stikstof), stikstofdepositie en in een paar afwateringsgebieden ook RWZI's. Het aandeel van deze bronnen is in het zomerhalfjaar groter dan in het winterhalfjaar, omdat vooral in de zomer water wordt ingelaten en RWZI's een redelijk constante belasting geven, terwijl de af- en uitspoeling in de zomer beduidend minder is dan in het winterhalfjaar. In de gebieden waar de water- en stofbalans gevalideerd kan worden aan beschikbare metingen, sluiten de berekende uitgaande debieten en stofvrachten goed aan op hetgeen uit de metingen kan worden afgeleid.

Op basis van de herkomst in het zomerhalfjaar zijn voor de KRW-waterlichamen de achtergrondbelasting en theoretische achtergrondconcentraties afgeleid door onderscheid te maken tussen antropogene bronnen en overige bronnen die beleidsmatig als natuurlijk of semi-natuurlijk kunnen worden beschouwd. Hierbij is ervan uitgegaan dat de volgende bronnen beleidsmatig als natuurlijk of semi-natuurlijk worden beschouwd:

- a. Een deel van uitspoeling landbouwgrond: nalevering landbouwbodem, kwel (naar het bodemprofiel), atmosferische depositie en infiltratie;
- b. Uitspoeling natuurgebieden en uit openbaar groen in stedelijk gebied;
- c. Atmosferische depositie en directe kwel naar open water;
- d. Inlaat vanuit rijkswateren (alleen in de hoofdwatgangen).

Voor de hoofdwatgangen is hiermee een achtergrondbelasting voor stikstof berekend van gemiddeld 63% en voor fosfor van gemiddeld 77%. Dit levert met de gemeten concentraties op de uitstroompunten theoretische achtergrondconcentraties voor stikstof op van gemiddeld van 0,9 tot 2,2 mg N/l (gemiddeld 1,5 mg N/l) en voor fosfor van 0,04 tot 0,61 mg P/l (gemiddeld 0,18 mg P/l).

In de haarvaten van deze afwateringsgebieden is geen of nauwelijks invloed van inlaatwater. Daar is een achtergrondbelasting voor stikstof berekend van gemiddeld 47% en voor fosfor gemiddeld 70%. Dit levert met de concentraties die in de haarvaten worden gemeten theoretische achtergrondconcentraties voor stikstof op van 0,4 tot 1,9 mg N/l (gemiddeld 1,1 mg N/l) en voor fosfor van 0,08 tot 0,46 mg P/l (gemiddeld 0,16 mg P/l). Bij de interpretatie van deze achtergrondconcentraties moet worden bedacht dat deze enerzijds gepaard gaan met onzekerheden rond de kwantificering van de belasting en herkomstverdeling en anderzijds dat ze gevoelig zijn voor de beleidsmatige uitgangspunten.

Voor het einde van de KRW-planperiode zal de af- en uitspoeling door het generieke mestbeleid (5^e NAP) een paar procent afnemen. Verdere afname kan voor stikstof bewerkstelligd worden als met een hoge implementatiegraad maatwerkmaatregelen worden uitgevoerd, zoals die met het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer worden voorgestaan. Gecombineerd met het effect van generieke mestbeleid van het 5^e NAP is een maximale reductie van de af- en uitspoeling van stikstof berekend van circa 11 à 23%. Voor fosfor zijn voor significante afname van de af- en uitspoeling andere typen maatregelen nodig.

5.2 Aanbevelingen

Met de berekende herkomst en hieruit afgeleide theoretische achtergrondconcentraties kan worden nagegaan waar het voor de hand ligt om KRW-doelen voor nutriënten technisch bij te stellen. Ook biedt het inzicht in de (on)mogelijkheden om de belasting te verlagen. Aanbevolen wordt om de resultaten van de onderhavige studie in samenhang te beschouwen met de resultaten van de watersysteemanalyses die Arcadis voor de KRW-waterlichamen uitvoert.

Ondanks dat de effecten van landbouwmaatregelen gering lijken, zijn er goede argumenten om maatwerkmaatregelen te stimuleren voor een beteren benutting van nutriënten door de landbouw- en akkerbouwbedrijven, omdat dit mogelijk kan bijdragen aan een positiever bedrijfsresultaat én aan een betere waterkwaliteit. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de GIS-tool 'Maatregel op de kaart' (Gerven et al., 2019) die is ontwikkeld voor het onderzoeksprogramma Kennisimpuls Waterkwaliteit. Om beter zicht te hebben waar DAW-maatregelen effectief zijn, kan het ook meerwaarde bieden om Eurofins-data over de bodemkwaliteit van de bouwvoor te verzamelen.

Om stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater substantieel verder te verlagen, kan het effectief zijn om maatregelen te nemen in en nabij de watergangen. Dit kan door vergroening van de slootranden (kruidenrijke akkerranden, bufferstroken), hetgeen ook bijdraagt aan biodiversiteit, maar ook door de sloten op diepte te houden en slootmaaisel te verwijderen. De potentie hiervan kan ingeschat worden met een tool die recentelijk door de WUR is ontwikkeld (Gerven, 2019; in prep.).

Aanbevolen wordt om met gerichte monitoring meer inzicht te verwerven in de waterbalansen, en met name daarbij ook de hoeveelheden en doelmatigheid van water dat wordt ingelaten voor het doorspoelen. Daarbij wordt ook aanbevolen om meer kennis op te bouwen over de huidige retentie en de rol die de waterbodem daarin speelt, bijvoorbeeld door het monitoren van de kwaliteit en potentiële nalevering van de waterbodems, de hoeveelheden en samenstelling van bagger en waterplanten die uit de watergangen worden verwijderd en uitbreiding van meetlocaties op de uitwisselpunten van de afwateringsgebieden.

Literatuur

- Adviescommissie water, advies waterkwaliteit, 9 mei 2016.
- Akker, J.J.H. van den, F. de Vries, G.D. Vermeulen, M.J.D. Hack-ten Broeke en T. Schouten, 2012. Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 2409.
- Akker, J.J.H. van den, R.F.A. Hendriks, I.E. Hoving, J. van Kleef, B. Meerkerk, M. Pleijter en A. van den Toorn, 2013. Pilot onderwaterdrains Krimpenerwaard. Wageningen, Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 2466.
- Akker, Jan J.H.; Idse Hoving, Rob Hendriks en Martin Knotters 2019. Onderwaterdrains zijn effectief. Wageningen Environmental Research (Wageningen Environmental Research rapport 2922).
- Boekel, E.M.P.M. van, P. Groenendijk en L.V. Renaud, 2016. Bronnen van nutriënten in het oppervlaktewater in het beheergebied van Wetterskip Fryslân; studie naar de herkomst en beïnvloedbaarheid van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater voor zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2727.
- Boekel, E.M.P.M. van, J. Roelsma, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.C. Jansen, L.V. Renaud, R.F.A. Hendriks en P.N.M. Schipper, 2015. Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK: Hoofdrapport; Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntenbalansen voor het beheergebied van HHNK. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2475.
- Boekel, E.M.P.M., Smit, A.A.M.F.R., Mulder, H.M., Groenendijk P., 2013. Procedure afleiden regionale uit- en afspoelingscijfers voor stikstof en fosfor (herschikkingsprocedure). Wageningen, Alterra.
- Boekel, E.M.P.M. van, P.N.M. Schipper, R.F.A. Hendriks, H.T.L. Massop, H.M. Mulder en J. Roelsma, 2013. Herkomst nutriëntenbelasting afvoergebieden HDSR, pilotstudie ECHO: regionale bronnenanalyse nutriëntenbelasting: Keulevaart, Eiland van Schalkwijk, Langbroekerwetering en Zegveld. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2408.
- Boekel, E.M.P.M. van, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, V.G.M. Linderhof, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, N.B.P. Polman, L.V. Renaud, en D.J.J. Walvoort, 2011. Ex-ante evaluatie Landbouw en KRW, Bijdrage van het voorgenomen beleid en aanvullende (landbouwkundige) maatregelen op de realisatie van de KRW-nutriëntendoelstelling. Wageningen, Alterra-rapport 2121.
- Boekel, E.M.P.M. van, P. Bogaart, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, R.A.L. Kselik, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.E.V. van Walsum en F.J.E. van der Bolt, 2012. Evaluatie Landbouw en KRW. Evaluatie meststoffenwet 2012: deelrapport ex post. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2326.
- Gaalen, Frank van, Aldrik Tiktak, Ron Franken, Erwin van Boekel, Peter van Puijenbroek, Hanneke Muilwijk 2016. 'Waterkwaliteit nu en in de toekomst, Eindrapport ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, beleidsstudie'. Planbureau voor de Leefomgeving.
- Van Gerven, L., Stefan Jansen en Piet Groenendijk 2019. Maatregel op de kaart (fase 1), Identificeren van kansrijke landbouwmaatregelen per perceel voor schoner grond- en oppervlaktewater. Onderzoeksprogramma Kennisimpuls Waterkwaliteit (www.kennisimpulswaterkwaliteit.nl), thema Nutriënten: welke maatregelen snijden hout.
- Van Gerven, L.P.A., (2019, in prep.). Zuiveringstool oppervlaktewaterkwaliteit. Een rekeninstrument ter voorspelling van het effect van zuiveringsmaatregelen op de N- en P-concentraties in het oppervlaktewater.
- Griffioen, J. R. Heerdink, L. Maring, S. Vermooten, Maljers en J. Hettelaar 2006. Enkele lithologische en (hydro)geochemische karakteristieken van de ondergrondparametrisering in het landelijke nutriëntenemissiemodel STONE. TNO-rapport 2006-U-R0161/A.
- Grinsven, H. van, A. Bleeker, S. van der Sluis, M. van Schijndel, J. van Dam, A. Tiktak, F. van Gaalen, R. den Uyl, S. Kruitwagen, J. Beck, G. Velthof, O. Schoumans, C. de Lauwere, 2017. Evaluatie Meststoffenwet 2016: synthesesrapport. PBL-rapport 2258, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Groenendijk, P., R.F.A. Hendriks, F.J.E. van der Bolt, H.M. Mulder, 2012. Bronnen van diffuse nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2328.

- Groenendijk, P., L. Renaud, H. Luesink, P.W. Blokland & T. de Koeijer (2015), Gevolgen van mestnormen volgens het 5e Actieprogramma voor nitraat en N- en P-belasting van het oppervlaktewater. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2647.
- Groenendijk, P., E. van Boekel, L. Renaud, A. Greijdanus, R. Michels, T. de Koeijer, 2016. Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren: het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de af- en uitspoeling uit landbouwgronden. Wageningen Environmental Research rapport 2749.
- Groenendijk, Piet, Luuk van Gerven en Erwin van Boekel (2020a). Maatregelen in het landelijk gebied ter vermindering van nutriëntengehalten in het oppervlaktewater; Achtergrondinformatie over maatregelen ten behoeve van de Nationale Analyse Waterkwaliteit. Wageningen Environmental Research
- Hazeu, G.W., C. Schuiling, G.J. Dorland, G.J. Roerink, H.S.D. Naeff en R.A. Smidt, 2014. Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 7 (LGN7); Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2548.
- Hendriks, R.F.A., J.J.H. van den Akker, P.C. Jansen en H.Th.L. Massop 2014. Effecten van onderwaterdrains in peilvak 9 van polder Groot-Wilnis Vinkeveen. Modelstudie naar de effecten van onderwaterdrains op maaiveldvaling, waterbeheer, wateroverlast en waterkwaliteit in peilvak 9. Wageningen, Alterra-rapport 2480.
- Hendriks, Rob, Jan van den Akker en Joost Heijkers 2018. Deltafact Onderwaterdrains. <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/onderwaterdrains>
- Hendriks, R.F.A. en J.J.H. van den Akker, 2012. Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veenweiden. Modelberekeningen met SWAP-ANIMO voor veenweide-eenheden naar veranderingen van de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater bij toepassing van onderwaterdrains in het westelijke veenweidegebied. Wageningen, Alterra Wageningen UR Alterra-rapport 2354
- Kroes, J.G., E.M.P.M. van Boekel, F.J.E. van der Bolt, L.V. Renaud en J. Roelsma, 2011. ECHO, een methodiek ter ondersteuning van waterbeleid; methodiekbeschrijving en toepassing Drentse Aa. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1913.
- Kroes, J.P., P. Groenendijk, J. Huygen, 1999. Hydrologie voor STONE: berekeningen met SWAP 2.0. Technical Document 57. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- Klijn, 1997. Vertaaltabellen bodem voor MOZART-SMART-DEMNAT, T2178. Delft, Waterloopkundig Laboratorium.
- Kroon, T., P. Finke, I. Peerenboom en A. Beuzen, 2001. Redesign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE; de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters. Lelystad, RIZA, rapport 2001.017.
- Martin Mulder, Peter Schipper, Edwin Jongman en Joost Heijkers. 'Onzekere Debietschattingen'. Artikel in Stromingen 16 (2011), nummer 3.
- Rozemeijer, J.C. 2015. Nutriëntenvrachten vanuit zes stroomgebieden in Wetterskip Fryslân voor 2011 t/m 2013. Deltares-rapport 1209597-000-BGS-0003.
- Rozemeijer et al. (2016) Expertbeoordeling van landbouwmaatregelen voor oppervlaktewaterkwaliteit. H2O / 28 november 2016, 6pp.
- Ruiter, H. de. 2001. Inventarisatie hydrologische gegevens Zuiderdiep HD-WAB-0039. Ten behoeve van waterkwaliteitsmodellering. Waterschap Hollandse Delta.
- Schipper, P, Oscar Schoumans, Piet Groenendijk, Erwin van Boekel, 2012. Nutriëntenbelasting oppervlaktewater; Herkomst en bijdrage landelijke gebied. Notitie ter ondersteuning KRW-Rijn West aanpak Nutriënten. 11 mei 2012. Alterra, Wageningen 19 pag.
- Schipper, P., R. Hendriks, H. Massop, E. van Boekel, 2016. Belasting van waterlichamen in de Krimpenerwaard met stikstof en fosfor. Wageningen, Wageningen Environmental Research rapport 2738.
- Verloop, K. M. van Agtmaal, W. Busink, N. van Eekeren, P. Groenendijk, S. Jansen, GJ. Noij, M. Zanen. 2018. Achtergronden bij informatie in de BOOT-lijst factsheets. Wageningen: Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde (Rapport WPR 842).
- Velthof, G.L., F.H. Kistenkas, P. Groenendijk, E.M.P.M. van Boekel en O. Oenema, 2018. Wettelijk instrumentarium voor landbouwmaatregelen om waterkwaliteit te verbeteren. Realisatie van nutriëntendoelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water. WOt-rapport 129, Wageningen mei 2018.
- Verloop, Koos; Agtmaal, Maaike van; Busink, Wim; Eekeren, Nick van; Groenendijk, Piet;

-
- Jansen, Stefan; Noij, Gert-Jan; Zanen, Marleen, 2018. Achtergronden bij informatie in de BOOT-lijst factsheets. Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Rapport WPR 842.
- Vries, F. de, W.J.M. de Groot, T. Hoogland, J. Denneboom, 2003. De bodemkaart van Nederland digitaal; Toelichting bij inhoud, actualiteit en methodiek en korte beschrijving van additionele informatie. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 811.
- Waterkwaliteit zoetwater en waterketen, brief van Minister Schulz aan de 2e kamer voor Wetgevingsoverleg Water. 14 november 2016.
- Witteveen en Bos, 2015. Watersysteemstudie Krimpen aan den IJssel. Witteveen+Bos rapport in opdracht van Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard.
- 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 PAWNstudie. Stiboka, Wageningen, Rapport 2055.

Bijlage 1 Herschikkingsprocedure

STONE-schematisering

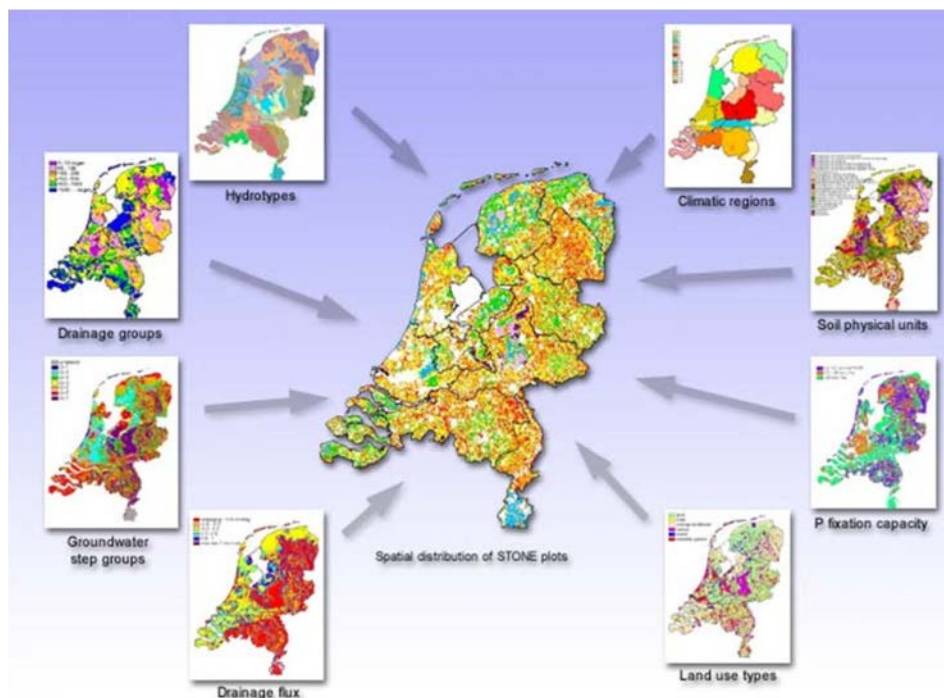
STONE (Samen Te Ontwikkelen Nutriënten Emissiemodel) is een landelijk model dat erop gericht is om op nationale schaal de effecten van nationaal of Europees landbouw- en milieubeleid en de ontwikkelingen in de landbouwsector op de uitspoeling van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater te kwantificeren.

De ruimtelijke indeling voor STONE is opgesteld door Kroon (2001) en is gemaakt op basis van hydrologische en bodemchemische eigenschappen. Nederland is hierbij ingedeeld in 6405 ruimtelijke eenheden (plots) voor het landelijk gebied, één plot voor het bebouwde gebied en één plot voor water. Een plot bestaat uit meerdere gridcellen van 250*250 m die dezelfde unieke combinatie van eigenschappen hebben. De gridcellen kunnen verspreid liggen in een gebied.

De ruimtelijke verdeling is gebaseerd op vijf basiselementen:

- Hydrologische hoofdindeling (hydrotypen, drainage-groepen, grondwatertrappen, kwel/wegzijgingsflux);
- Indeling in landgebruik (gras, mais, overig landbouw, natuur, water en bebouwing);
- Indeling in bodemtype (zand, klei, veen);
- Indeling in chemische eigenschappen van de bodem (fosfaatbindend vermogen, mineralisatiecapaciteit, kationen capaciteit);
- Indeling naar overige kenmerken (o.a. Meteorologische kenmerken).

In Figuur B1.1 is een overzicht gegeven van kaartlagen (kenmerken) die gebruikt zijn om tot een ruimtelijke verdeling te komen van de rekeneenheden (STONE-plots).



Figuur B1.1 Overzicht van de (belangrijkste) kaartlagen die gebruikt zijn voor de ruimtelijke verdeling van de STONE-plots.

Omdat de huidige STONE-schematisering dateert uit 2000 en omdat het een landelijke schematisering betreft, is het mogelijk dat, indien STONE wordt ingezet voor een regionale studie, de schematisering

in STONE onvoldoende overeenkomt met de regionale of lokale situatie van het betreffende studiegebied.

Herschikkingsprocedure

De herschikkingsprocedure is toegepast in verschillende regionale studies voor verschillende opdrachtgevers (Monitoring Stroomgebieden (Woestenburg en Van Tol-Leenders, 2011), HDSR (Van Boekel, 2013), Achtergrondbelasting HHNK (Van Boekel, 2015), Bronnenanalyse Wetterskip Fryslân (Van Boekel, 2016).

De herschikkingsprocedure bestaat uit verschillende onderdelen:

1. Gebiedsanalyse
 - vervaardigen nieuwe geclassificeerde kaarten
 - overlay van kaarten en afleiden van MLBG⁶-combinaties
2. Afleiden nieuwe N- en P-uitspoelingcijfers
 - selectie van representatieve STONE-plots die passen bij MLBG-combinaties
 - Aggregeren van N- en P-belasting op ERC-niveau
 - Neerschalen van N- en P-belasting naar het studiegebied (LSW-niveau)
3. Validatie (vergelijking met eerdere studies)

Stap 1: Gebiedsanalyse

Bij het genereren van de ruimtelijke verdeling van de STONE-plots worden verschillende kaartlagen gebruikt (Figuur B1.2):

De eerste stap in de herschikkingsprocedure is het genereren van een landsdekkende MLBG-kaart waarin een aantal kaartlagen is meegenomen:

- landgebruik
- bodemfysische eenheid
- Gt-klasse (hydrologische toestand)
- Meteodistrict

Landgebruik

Voor het huidige landgebruik wordt op dit moment gebruikgemaakt van het LGN7-bestand (Hazeu, 2014). Het LGN7-bestand onderscheidt 39 landgebruikstypen. Het is een grid-bestand met een ruimtelijke resolutie van 25*25 m. Het bestand geeft een tijdsbeeld van het landgebruik voor 2012, dat voor zowel beleidsanalyses als voor modelinput is te gebruiken. In het bestand worden de belangrijkste landbouwgewassen, bos, water, natuur en stedelijke klassen onderscheiden.

De landgebruiksvormen in LGN7 komen niet een-op-een overeen met de landgebruiksvormen die in de STONE-schematisering worden onderscheiden, m.a.w. er is een vertaalslag nodig. De landgebruikstypen in LGN7 worden geclusterd tot zes landgebruiksvormen: grasland, akkerbouw, maïs, natuur, stedelijk gebied en open water, waarna een nieuwe LGN-kaart wordt vervaardigd met een resolutie van 25*25 m.

Bodemtype

Om inzicht te krijgen in de verschillen in bodemtype, is gebruikgemaakt van de 1:50.000-bodemkaart.

In STONE komen twee indelingen voor de bodem voor: 1) volgens de PAWN-kaart en 2) volgens de CLEAN-kaart. In de huidige herschikkingsprocedure is er gekozen voor de PAWN-kaart.

Een veelgebruikte indeling voor het clusteren van de eenheden van de bodemkaart is de indeling naar bodemopbouw. Deze indeling wordt ook wel de PAWN-indeling genoemd (Wösten, 1988) en onderscheidt naar bodemopbouw **21** verschillende eenheden. In de huidige herschikkingsprocedure is er gekozen voor de PAWN-kaart. Ook hiervoor geldt dat de eenheden die in de bodemkaart worden onderscheiden, opnieuw geclassificeerd/geclusterd moeten worden. Eindresultaat van stap 1b is een nieuwe bodemkaart op basis met de PAWN-bodem met een resolutie van 25*25 m.

⁶ MLBG is een afkorting voor **M**eteo **L**andgebruik **B**odemfysische eenheid en **G**rondwatertrap.

Hydrologische toestand

Naast het bodemtype wordt de 1:50.000-bodemkaart ook gebruikt om informatie te krijgen over de diepte en fluctuatie van het grondwater (Vries, 2003). In de bodemkaart worden deze weergegeven met **11** Gt-klassen (Tabel B1.1). Eindresultaat van stap 1c is een nieuwe Gt-kaart met een resolutie van 25*25 m.

Tabel B1.1 Overzicht van grondwatertrappenindeling voor de Bodemkaart van Nederland 1:50.000.

Code grondwatertrap	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)
I	-	< 50
II	-	50 - 80
II*	25 - 40	50 - 80
III	< 40	80 - 120
III*	25 - 40	80 - 120
IV	> 40	80 - 120
V	< 40	> 120
V*	25 - 40	> 120
VI	40 - 80	> 120
VII	80 - 140	> 120
VII*	> 140	> 120

Meteodistricten

Naast landgebruik, bodemtype en Gt-klasse zijn de STONE-plots ook ruimtelijk ingedeeld in weerregio's. De indeling is tot stand gekomen door een directe toekenning van weerregio's aan PAWN-districten. Er worden vijftien weerregio's onderscheiden.

Stap 2: Genereren landsdekkende kaart met MLBG-eenheden

In de eerste stap zijn nieuwe kaarten vervaardigd/verzameld met informatie over het landgebruik, bodemtype, hydrologische toestand (Gt-klasse) en meteoregio. In de tweede stap worden de verschillende kaarten gecombineerd, waardoor er zogenaamde MLBG-eenheden ontstaan met een resolutie van 25*25 m (Figuur B1.2).

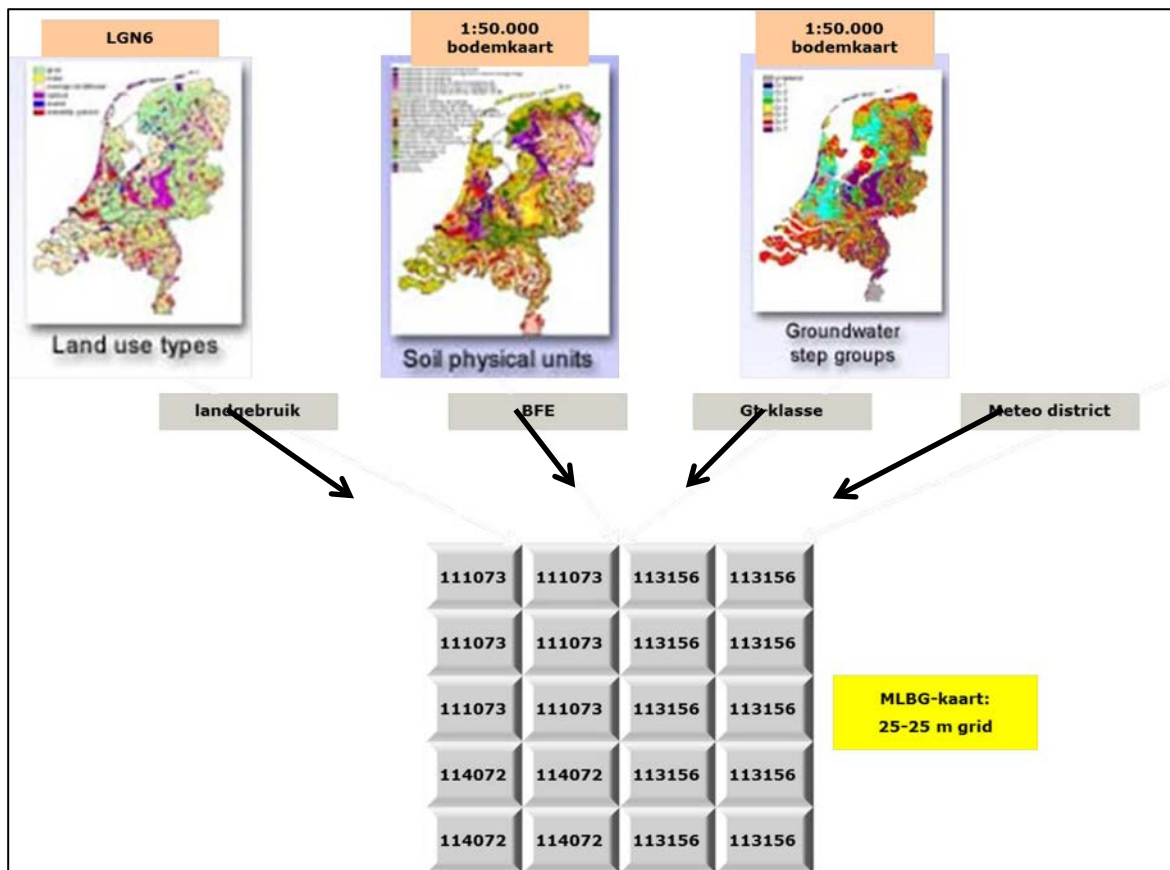
Door de overlay van de verschillende kaartlagen ontstaan er MLBG-eenheden met unieke kenmerken. In Tabel B1.2 zijn voorbeelden gegeven van een aantal eenheden en bijbehorende kenmerken.

Tabel B1.2 Aantal voorbeelden van (willekeurige) MLBG-eenheden.

Eenheid	Meteodistrict		Landgebruik		Bodemtype		Gt-klasse	
	Code	Omschrijving	Code	Omschrijving	Code	Omschrijving	Code	omschrijving
111073	11	Vlissingen	1	Grasland	07	Stuifzandgronden	3	Gt-klasse III
112164	11	Vlissingen	2	Mais	16	Homogene lichte kleigronden	4	Gt-klasse IV
113156	11	Vlissingen	3	Akkerbouw	15	Homogene zavelgrond	6	Gt-klasse VI
114127	11	Vlissingen	4	Natuur	12	Enkeergrond in sterk, lemig, fijn zand	7	Gt-klasse VII
114072	11	Vlissingen	4	Natuur	07	Stuifzandgronden	2	Gt-klasse II

Aandachtspunt

Voor het genereren van de eenhedenkaart is een overlay gemaakt tussen de verschillende kaartlagen (LGN7, bodemkaart). Doordat de kaarten verschillende indelingen hanteren, is het mogelijk dat er een mismatch is tussen beide kaarten. In Tabel B1.3 zijn een paar voorbeelden gegeven. Het meteodistrict is in dit voorbeeld weggelaten.



Figuur B1.2 Overzicht van de bestanden die gebruikt zijn bij het genereren van een kaart met MLBKG-eenheden.

In bovenstaande voorbeelden is het landgebruik op basis van LNG7 grasland of natuur. Op basis van de 1:50.000-bodemkaart is dit echter open water en stedelijk gebied. Er wordt dan ook geen Gt-klasse toegekend. Ook kan het voorkomen dat op basis van LNG7 aan een gebied 'open water' of 'stedelijk' gebied wordt toegekend, terwijl op basis van de 1:50.000-bodemkaart wel een bodemtype en Gt-klasse worden toegekend. Op voorhand is hierdoor al duidelijk dat er voor dit type MLBKG-eenheid geen representatieve STONE-plots gevonden kunnen worden.

In het script is een tussenstap voorzien waarin de MLBKG-eenheden met een combinatie waarvoor sowieso geen STONE-plots gevonden kunnen worden, worden omgezet in een nieuwe eenheid. Hierbij is gekozen om het landgebruikstype op basis van LNG7 leidend te maken, met andere woorden: het landgebruik verandert niet.

Als op basis van LNG7 een gebied wordt geclassificeerd als 'open water' of als 'stedelijk gebied', worden er geen STONE-plots aan gekoppeld; het bodemtype en de Gt-klasse spelen dan geen rol.

MLBG-eenheden die op basis van LNG7 geclassificeerd zijn als landbouw of natuur, in combinatie met bodemtype 22 (open water) en 23 (stedelijk gebied) en een ontbrekende Gt-klasse, worden 'omgezet' naar nieuwe eenheden op basis van de meest voorkomende MLBKG-eenheden binnen een ERC-gebied/ ECHO-gebied.

Tabel B1.3 Aantal voorbeelden van een mismatch tussen de LNG7-kaart en de 1: 50.000-bodemkaart.

MLBG-eenheid	Landgebruik		Bodemtype		Gt-klasse	
	Code	Omschrijving	Code	Omschrijving	Code	omschrijving
1230	1	Grasland	22	Water	0	-
4220	4	Natuur	23	Stedelijk gebied	0	-
5074	5	Open water	07	Stuifzangronden	4	Gt-klasse IV
6156	6	Stedelijk	15	Homogene zavelgrond	6	Gt-klasse VI

In Tabel B1.4 is een (willekeurig) voorbeeld gegeven van de kenmerken van een ERC-/ECHO-gebied. Het grootste gedeelte van het gebied bestaat uit akkerbouw, bodemfysische eenheid 15 (homogene zavelgronden) met een Gt-klasse IV.

Op basis van bovenstaande informatie worden de MLBG-eenheden met een mismatch 'omgezet' (Tabel B1.5). De MLBG-eenheden 5074 en 6156 veranderen niet (landgebruik LNG7 is leidend). De MLBG-eenheden 1230 en 4220 worden omgezet naar nieuwe MLBG-eenheden met bodemfysische eenheid 15 en Gt-klasse 4.

Tabel B1.4 Overzicht van het landgebruik, bodemfysische eenheid en Gt-klasse binnen een ERC/ECHO-gebied.

Landgebruik	Omschrijving	Areaal (ha)
1	Grasland	174
2	Mais	13
3	Akkerbouw	1.337
4	Natuur	14
BFE		
07	Stuifzandgronden	2
15	Homogene zavelgronden	1.519
18	Kleigronden op veen	3
19	Kleigronden op zand	11
23	Stedelijk gebied	3
Gt-klasse		
0	Onbekend	3
2	Gt-klasse II	92
3	Gt-klasse III	2
4	Gt-klasse IV	1.441

Tabel B1.5 'omzetting' van een oude MLBG-eenheid naar een nieuwe MLBG-eenheid op basis van de dominante gebiedskenmerken.

MLBG-eenheid oud	MLBG-eenheid nieuw
1230	1154
4220	4154
5074	5074
6156	6156

Stap 3: afleiden N-/P-vrachten

Nadat nieuwe MLBG-eenheden zijn bepaald, zijn representatieve STONE-plots gezocht voor het berekenen van de af- en uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Hierbij kunnen de volgende situaties ontstaan:

1. Er worden **meerdere** representatieve STONE-plots per eenheid gevonden;
2. Er wordt **één** representatieve STONE-plot gevonden;
3. Er kunnen **geen** STONE-plots gevonden worden die voldoen aan de opgelegde criteria.

Situatie 1

Indien in de herschikking voor een MLBG-eenheid gekozen zou worden om één 'meest representatieve' STONE-plot te nemen, zou dit handmatig door een expert uitgevoerd moeten worden. Hierdoor zou de einduitkomst voor een deel afhankelijk zijn van de expert die de herschikking uitvoert. Dit verdient niet de voorkeur, omdat het problemen geeft bij het reproduceren van de resultaten en moeilijk qua argumentatie te verantwoorden is. Wanneer voor een MLBG-eenheid meerdere STONE-plots in aanmerking komen, worden daarom in een geautomatiseerde selectieprocedure de STONE-plots geselecteerd die voldoen aan de betreffende MLBG-eenheid en hiervan wordt dan de gemiddelde af- en uitspoeling bepaald. Ook wordt voor de herkomst van de

bronnen achter de af- en uitspoeling het gemiddelde van die STONE-plots genomen. Hiermee zal dit, ongeacht wie het script toepast, altijd tot dezelfde resultaten leiden.

In Tabel B1.6 is een (willekeurig) voorbeeld gegeven voor MLBG-eenheid 111073 (meteodistrict 11, grasland op stuifzandgrond met Gt-klasse III). Er worden in totaal drie STONE-plots met deze combinatie gevonden.

Tabel B1.6 Gemiddelde stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de STONE-plots voor MLBG-eenheid 111073.

STONE-plots	Stikstofuitspoeling (kg/ha)
1710	76,7
1499	85,1
1111	112,1
Gemiddeld	91,3

Situatie 2

Indien er één STONE-plot gevonden kan worden, worden de berekende af- en uitspoeling van deze plot toegekend aan een MLBG-eenheid.

Situatie 3

Indien er geen representatieve STONE-plots gevonden worden omdat de gewenste combinatie landgebruik, bodemfysische eenheid en Gt-klasse binnen een meteodistrict niet voorkomt, is ervoor gekozen om stapsgewijs steeds meer informatie van de MLBG-eenheden los te laten, net zolang alle eenheden zijn voorzien van een koppeling naar STONE-plots. In Tabel B1.7 is het stappenplan weergegeven voor toekenning van STONE-plots aan MLBG-eenheden.

Tabel B1.7 Overzicht van de stappen die doorlopen worden voor het afleiden van N- en P-belasting opp. water per MLBG-eenheid.

Stappen	Omschrijving
Stap 0	1:1-match
Stap 1	Trapsgewijze aanpassing van bodemtypes <u>met</u> restricties
Stap 2	Trapsgewijze aanpassing van de Gt-klasse <u>met</u> restricties o.b.v. GHG (focus oppervlaktewater)
Stap 3	Combinatie van stap 1 + 2
Stap 4	Aanpassing bodemfysische gegeven <u>met</u> beperkte restricties
Stap 5	Combinatie van stap 2 + 4
Stap 6	<u>Geen</u> restricties t.a.v. de Gt-klasse
Stap 7	Combinatie van stap 1 + 6
Stap 8	Combinatie van stap 4 + 6
Stap 9	<u>Geen</u> restricties t.a.v. Gt-klasse en bodemfysische eenheid

Hieronder worden de stappen 1, 2 en 4 nader toegelicht. De overige stappen zijn combinaties van voorgaande stappen (stap 3, 5, 7 en 8) of liggen voor de hand (stap 6 en 9).

Stap 1: aanpassing bodemfysische eenheden met restrictie

De eerste stap is een trapsgewijze aanpassing van bodemtypes met restrictie. Er worden in totaal 21 relevante bodemtypen onderscheiden (nr. 22 en 23 is respectievelijk open water en stedelijk gebied). In Tabel B1.8 is een overzicht gegeven van mogelijke uitwisselingen. Voor een aantal bodemfysische eenheden (BFE) is het niet mogelijk om een andere BFE te selecteren; de andere BFE's kunnen met een of meerdere BFE's uitgewisseld worden. Indien er sprake is van meerdere opties, is een trapsgewijze aanpassing voorzien (opgelegde volgorde).

Tabel B1.8 Overzicht van de mogelijke 'uitwisseling' tussen de verschillende bodemfysische eenheden.

Groep	Grondsoort	Bodemfysische eenheden
1	Veen	1, 3
2	Veen	2, 4, 5
3	Veen	6
4	Zand	7, 8, 9, 12, 13
5	Zand	10, 14
6	Zand	11
7	Klei	15, 16, 19
8	Klei	17, 18
9	Klei	20
10	Löss	21

Stap 2: aanpassing Gt-klasse

De twee stap is een trapsgewijze aanpassing van Gt-klasse met restricties op basis van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG). Een randvoorwaarde voor het selecteren van STONE-plots met een andere Gt-klasse is dat deze in hetzelfde *cluster* valt.

De grondwatertrappen zijn op basis van de GHG geclusterd in drie groepen:

- Nat: Gt-klasse I, II, III en V
- Matig droog: Gt-klasse IV en VI
- Droog: Gt-klasse VII en VIII

Ook hierbij geldt dat er een voorkeursvolgorde is vastgelegd.

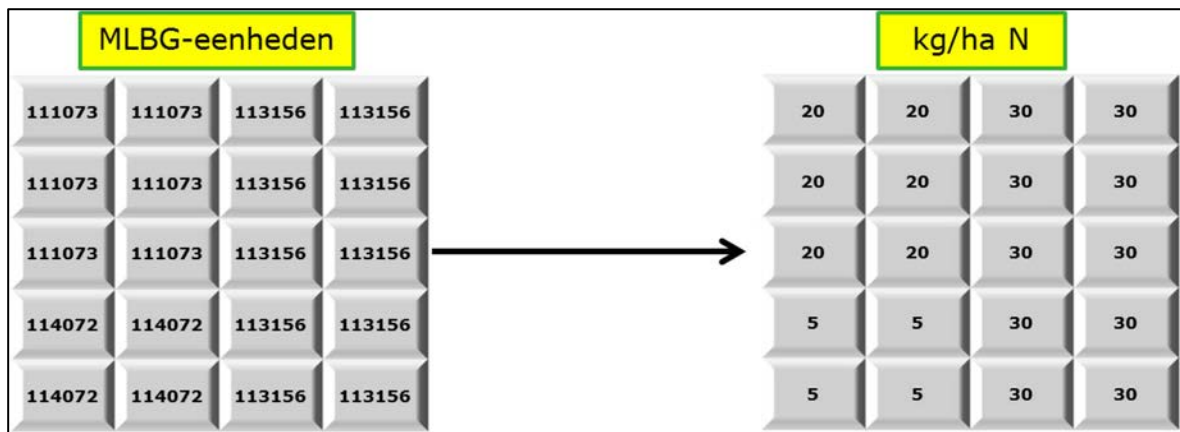
Stap 4: aanpassing bodemfysische eenheden met beperkte restrictie

In de eerste stap is een aanpassing van de bodemfysische eenheden voorzien waarbij tien groepen onderscheiden worden. In stap 4 wordt een aantal groepen geclusterd op basis van de grondsoort (Tabel B1.9).

Tabel B1.9 Overzicht van de mogelijke 'uitwisseling' tussen de verschillende bodemfysische eenheden op basis van de grondsoort.

Groep	Grondsoort	Bodemfysische eenheden
1	Veen	1 t/m 6
2	Zand	7 t/m 14
3	Klei	15 t/m 20
4	Löss	21

Nadat alle 9 stappen zijn doorlopen, is het mogelijk om voor iedere MLBG-eenheid (rekeneenheid) een stikstof- of fosforbelasting toe te kennen (zie voorbeeld in Figuur B1.3).



Figuur B1.3 Voorbeeld van de stikstofbelasting per MLBG-eenheid per rekeneenheid.

Bijlage 2 Bronnen in de EmissieRegistratie

Tabel B2.1 Indeling van de bronnen in de EmissieRegistratie aan de doelgroep, subdoelgroep en de indeling die in de ECHO-methodiek wordt gehanteerd.

Subdoelgroep		bijdrage N of P	ECHO-indeling
Landbouw	Glastuinbouw afvalwater	>1%	LO
	Landbouwbedrijven (o.a. erfafspoeling)	>1%	
	Meemesten sloten	0,1 - 1%	
	Productgebruik landbouw (NMI3 emissies vanuit kassen)	0 (geen)	
	Af- en uitspoeling landelijk gebied (landbouw + natuur)	>1%	UA
Overige industrie	Basismetaal	0,1 - 1%	IND
	Bouwmaterialen industrie	<0,1%	
	Grafische industrie	0 (geen)	
	Industrie overig	0 (geen)	
	Metaalelektro	<0,1%	
	Papier(waren)	0,1 - 1%	
	Rubber- en kunststofverwerkende industrie	<0,1%	
	Textiel- en tapijtindustrie	0 (geen)	
	Voedings- en genotmiddelenindustrie	>1%	
Chemische industrie	Chemische industrie basisproducten	0,1 - 1%	
	Chemische industrie bestrijdingsmiddelen	<0,1%	
	Chemische industrie kunstmeststoffen	0,1 - 1%	
	Chemische industrie overig	0,1 - 1%	
Raffinaderijen	Raffinage en verwerking	0,1 - 1%	
Energiesector	Olie-/gaswinning land	0 (geen)	
	Opwekking elektriciteit	0,1 - 1%	
	Transport en distributie olie en gas	0 (geen)	
Verkeer en Vervoer	Binnenscheepvaart	0,1 - 1%	OV
Consumenten	Huishoudelijk afvalwater	0,1 - 1%	
Bouw	Overige bouw	0 (geen)	
Afvalverwijdering	AVI's	0,1 - 1%	
	Overige afvalbedrijven	<0,1%	
	Storten	<0,1%	
Drinkwatervoorziening	Overig drinkwater	0 (geen)	
Riolering en waterzuiveringsinstallaties	Energiegebruik en processen	<0,1%	
	Ongezuiverd rioolwater (regenwaterriolen + overstorten)	0,1 - 1%	
	Effluentten lozingen	>1%	EF
Handel, Diensten en Overheid	Energiegebruik en processen handel	<0,1%	OV
Overig	Atmosferische depositie (open water)	>1%	DW

Bijlage 3 Betrouwbaarheid bronnen in de EmissieRegistratie

In onderstaande tabel is voor een aantal bronnen uit de EmissieRegistratie een bandbreedte aangegeven voor de betrouwbaarheid van de emissieschattingen (bron: www.emissieregistratie.nl). De volgende betrouwbaarheidspercentages worden gehanteerd: 1, 5, 10, 25, 50, 100, 200 en 400. Een betrouwbaarheid van 1% wil zeggen dat het desbetreffende onderdeel zeer betrouwbaar is; een betrouwbaarheid van 400% betekent een grote onzekerheid in het desbetreffende onderdeel (voor verdere toelichting: zie www.emissieregistratie.nl).

Tabel B3.1 Betrouwbaarheidsinterval (%) van een aantal bronnen uit de EmissieRegistratie voor verschillende doelgroepen/subdoelgroepen.

Bron	Betrouwbaarheidsinterval (in %)					
	Vracht ¹	EVV ¹	EF ²	VC ³	Riool ⁴	Reg ⁵
Glastuinbouw afvalwater	-	5	25-50	25	10	100
Erfafspoeling	-	50	50	25	-	25
Landbouwbedrijven	50-200	-	-	1	10	1-5
Meemesten sloten	-	10	100	1	-	100
Overige industrie ⁷	50-200	5	25	1	10	1-10
Chemische industrie ⁷	50-200	5	25	1	10	1-10
Raffinaderijen	50-200	-	-	1	10	1-5
Energiesector	50-200	-	-	1	10	1-5
Binnenscheepvaart	-	10	25	50	-	50
Huishoudelijk afvalwater	-	1	25	-	10-100	10
Bouw	50-200	-	-	1	10	1-5
Afvalverwijdering ⁷	50-200	5	25	1	10	1-10
Drinkwatervoorziening	50-200	-	-	1	10	1-5
Energiegebruik en processen riolering en RWZI's	50-200	-	-	1	10	1-5
Regenwaterriolen	10	-	-	-	25	200
Overstorten	10	-	-	-	50	200
IBA en niet aangesloten huishoudens	10	-	-	-	100	200
Effluenten lozingen	5	n.v.t.	n.v.t.	1	1	1
Handel, Diensten en Overheid	50-200	-	-	1	10	1-5
Atmosferische depositie	25	-	-	5-200	10	50

1 Vracht: Berekening jaarvrachten

2 EVV: Emissie-verklarende variabelen

3 EF: Emissiefactor

4 VC: Verdeling compartimenten

5 Riool: Emissieroutes via riool naar water

6 Reg: Regionalisatie

7 Betrouwbaarheid afgeleid uit meerdere factsheets

Bijlage 4 Retentie

De retentie van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater varieert per polder en is afhankelijk van de onderliggende retentieprocessen. De grootte van deze retentieprocessen is afgeleid uit metingen in het oppervlaktewater (PLONS). Op deze manier is de capaciteit van het oppervlaktewatersysteem bepaald om stikstof vast te leggen of te verwijderen, uitgedrukt in gram per m² waterbodembodem. De zo berekende absolute N-retentie heeft betrekking op alle nutriëntenbronnen in de polder. De volgende retentieprocessen zijn gekwantificeerd:

- Denitrificatie
- Netto-opname (zomerhalfjaar) en -afgifte (winterhalfjaar) van nutriënten door waterplanten

Dit is gedaan voor polders die vooral uit veen of klei bestaan. Voor zandpolders (Noord-Nederland) waren onvoldoende metingen beschikbaar om de retentieprocessen te kwantificeren. Het retentieproces sedimentatie is niet expliciet meegenomen, al zit dit proces deels verwerkt in de waterplantensterfte die een groot aandeel heeft in de totale sedimentatie.

Retentie van stikstof in polders door denitrificatie

Voor het PLONS-project (www.plons.wur.nl) is in een aantal sloten verspreid over Nederland de denitrificatie gemeten. De gemeten denitrificatiesnelheden in poldersloten en de watertemperatuur tijdens het meten, ingedeeld naar het bodemtype klei of veen, zijn weergegeven in Tabel B4.1.

Tabel B4.1 Gemeten denitrificatiesnelheden in veen- en kleigebieden en de watertemperatuur op het moment van meten (Veraart; in prep.); *n*=aantal waarnemingen, *std*=standaarddeviatie.

bodemtype	n	Denitrificatie ($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	Denitrificatie ($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	Denitrificatie ($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	Temperatuur (°C)	
		gemiddeld	minimum	maximum	gemiddeld	Std
klei	4	180,2	31,0	496,8	16,8	0,9
veen	7	62,9	5,9	166,6	21,3	0,8

Deze denitrificatiesnelheden zijn omgezet naar een gemiddelde denitrificatiesnelheid in het zomer- en het winterhalfjaar door aan te nemen dat de denitrificatiesnelheid (*D*) afhangt van de watertemperatuur (*T*) volgens een aangepaste Arrhenius-vergelijking:

$$D_T = D_{20} \cdot \theta_s^{(T-20)} \quad (1)$$

Waarin D_{20} de denitrificatiesnelheid is bij 20°C en θ_s de temperatuurcoëfficiënt die de waarde 1,07 is toegekend; een waarde die kenmerkend is voor veel biochemische reacties. Echter zijn voor de denitrificatie ook hogere waarden voor de temperatuurcoëfficiënt gevonden: van 1,24 en 1,28 (Veraart, 2011b). Met formule 1 zijn maandgemiddelde denitrificatiesnelheden berekend voor de klei- en veenpolders, uitgaande van maandgemiddelde luchttemperaturen gemeten in de Bilt in de jaren 1990-2009. De maandgemiddelde denitrificatiesnelheden zijn opgeschaald naar zomer- en winterhalfjaargemiddelden (Tabel B4.2).

Tabel B4.2 Afgeleide denitrificatiesnelheden voor klei- en veenpolders in het winter- en zomerhalfjaar.

Bodemtype	Denitrificatie (g N m ⁻²)	
	zomerhalfjaar	winterhalfjaar
klei	9,9	5,3
veen	2,5	1,4

Retentie van stikstof door groei van waterplanten

Uit verschillende databronnen is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid waterplanten aan het einde van het groeiseizoen, gemiddeld over de klei- en veenpolders (Tabel B4.3). Om een inschatting te kunnen maken van de stikstof die gemoeid is met de groei en sterfte van waterplanten, is geschat welk deel van de biomassa 'overwintert'. Modelresultaten van het oppervlaktewaterkwaliteitsmodel NuswaLite (Siderius, 2008) geven aan dat ongeveer 20% van de kroosbiomassa overwintert en ongeveer 25% van de waterpest en ondergedoken waterplanten overwintert.

Tabel B4.3 Gemiddelde hoeveelheid waterplanten aan het einde van het groeiseizoen, volgend uit verschillende databronnen.

bodemtype	Waterplanten (g droge stof m ⁻²)		
	waterpest	kroos	ondergedoken
klei	8	43	12
veen	29	14	25

Tabel B4.4 geeft een overzicht van de geschatte hoeveelheid stikstof die gemoeid is met de groei en sterfte van waterplanten, aangenomen dat:

- Kroosbiomassa voor 4% uit N bestaat (Roijackers, 2004);
- Ondergedoken waterplanten en waterpest voor 3,5% uit N bestaan (Muhammetoglu, 2000);
- De waterlopen aan het einde van de zomer worden gemaaid, waardoor 80% van de waterplanten wordt verwijderd. De overgebleven 20% draagt bij aan de nalevering van N naar de waterkolom door sterfte.

Tabel B4.4 Hoeveelheid N die naar schatting is gemoeid met de nettogroei (zomerhalfjaar) en nettosterfte (winterhalfjaar) van waterplanten in klei- en veenpolders.

NB Aangenomen is dat 80% van de waterplanten in de waterlopen aan het einde van de zomer wordt gemaaid; deze planten sterven niet meer af in de waterlopen, waardoor alleen de resterende 20% van de waterplanten bijdraagt aan de nalevering van N door sterfte.

bodemtype	Groei (g N m ⁻²)	Sterfte (g N m ⁻²)
klei	1,92	0,38
veen	1,85	0,37

Totale stikstofretentie in poldersystemen

Tabel B4.5 geeft de geschatte hoeveelheid stikstofretentie in de klei- en veenpolders; het opgetelde effect van denitrificatie en waterplanten. Deze hoeveelheden, in gram per m² waterbodem, zijn vertaald naar hoeveelheden per polder door vermenigvuldiging met het areaal aan open water volgens het NHI (www.nhi.nu). Het is de vraag of het openwateroppervlak een goede benadering geeft van het oppervlak waarover stikstofretentie plaatsvindt.

De gehele natte omtrek – waterbodem en talud – draagt waarschijnlijk bij aan de stikstofretentie, al zal het talud per strekkende meter waarschijnlijk in mindere mate bijdragen. Daarom is het openwateroppervlak bij benadering een goede maat voor het effectieve retentieoppervlak.

Tabel B4.5 Geschatte hoeveelheid stikstofretentie in klei- en veenpolders.

bodemtype	zomerhalfjaar (g N m ⁻²)	winterhalfjaar (g N m ⁻²)
klei	11,8	5,0
veen	4,4	1,0

Vanwege deze eerste ordebenadering voor de stikstofdynamiek kan naar analogie van de methodiek voor de vrij afwaterende gebieden ook hier een retentie optreden die de 100% overschrijdt. Derhalve wordt een limitering toegepast van maximaal 90% retentie op de inkomende stikstofvracht.

Retentie van fosfor in poldersystemen

Voor fosfor is het niet mogelijk gebleken om relaties af te leiden op basis van het areaal waterbodem. Op basis van diverse studies wordt voor fosfor in poldersystemen een retentie van 20% aangenomen voor puntbronnen en van 50% voor diffuse bronnen.

B1.4.2 Retentie in vrij afwaterende gebieden

In de relevante literatuur voor vrij afwaterende gebieden wordt vaak een verband gelegd tussen de retentie voor N en P en de 'specifieke afvoer' (o.a. Klein, 2011; Seitzinger, 2002). De 'specifieke afvoer' is gedefinieerd als de afvoer bij het uitstroompunt van het stroomgebied, gedeeld door het bovenstroomse wateroppervlak (zie Vergelijking 2).

De eerder in Van Boekel (2011) gebruikte relaties gingen uit van 'hydraulische verblijftijd', die van de 'specifieke afvoer' verschilt door in plaats van wateroppervlak het bovenstroomse watervolume in de noemer mee te nemen. Het verschil tussen wateroppervlak en watervolume is de waterdiepte, die in vrij afwaterende stroomgebieden erg variabel is in zowel tijd als ruimte.

De hypothese is dat vanwege deze variabiliteit de retentie van N en P voor de grotere (deel)stroomgebieden minder goed is te relateren aan de 'hydraulische verblijftijd'. Daar komt bovendien nog bij dat de waterdiepte aanzienlijk slechter karteerbaar is dan het wateroppervlak.

$$Q_{\text{specifiek}} = \frac{Q_{\text{afvoerpunt}}}{A_{\text{water}}} \quad (2)$$

waarin:

$Q_{\text{specifiek}}$ = specifieke afvoer ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{ha}^{-1}$)

Q_{afvoer} = afvoer bij uitstroompunt stroomgebied ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

A_{water} = open wateroppervlak in het deelstroomgebied (ha)

Voor deze studie zijn deze verbanden bepaald voor een aantal vrij afwaterende stroomgebieden. De hiervoor geselecteerde stroomgebieden voldoen aan de volgende criteria:

- De uitspoeling van nutriënten vanuit het landsysteem is verreweg de belangrijkste nutriëntenbron voor het oppervlaktewater.
- Het stroomgebied is niet aangesloten op bovenstrooms gelegen stroomgebieden.
- De uitgaande nutriëntenvracht bij het uitstroompunt moet goed te bepalen zijn op basis van metingen.

Het eerste criterium is van belang, omdat de af te leiden retentie alleen betrekking heeft op de diffuse nutriëntenuitspoeling vanuit het landsysteem. Het tweede criterium is hieraan gerelateerd en eveneens bedoeld om onbekende overige bronnen te elimineren. Uiteindelijk bleken er vier vrij afwaterende stroomgebieden te voldoen aan bovenstaande criteria:

- Drentsche Aa
- Schuitenbeek
- Hoevelakense, Barneveldse en Esvelderbeek (HBE-beek)
- Waperveense en Vledder Aa (WV Aa)

De Drentsche Aa en de Schuitenbeek zijn intensief bemeten in het project Monitoring Stroomgebieden (Roelsma, 2011; Roelsma, 2011b) en voor de overige twee stroomgebieden zijn in het kader van het ex-ante-KRW-project meetdata aangeleverd. De nutriëntenretentie (R_a) is per gebied als volgt bepaald:

$$R_a = L_{\text{uitspoeling}} - L^*_{\text{uitstroom}} \quad (3)$$

waarin:

R_a = absolute nutriëntenretentie in het oppervlaktewater (g)

$L_{\text{uitspoeling}}$ = uitspoeling van nutriënten vanuit het landsysteem (g)

$L^*_{\text{uitstroom}}$ = uitstromende nutriënten bij uitstroompunt, gecorrigeerd voor andere bronnen dan de nutriëntenuitspoeling (g)

De nutriëntenuitspoeling vanuit het landsysteem (*Luitspoeling*) is voor de Drentsche Aa en Schuitensbeek bepaald op basis van een gekalibreerd SWAP-ANIMO modelinstrumentarium (Siderius, 2011). Voor de andere twee stroomgebieden is hiervoor het model STONE, versie 2.4, gebruikt (Wolf, 2003).

Bij de correctie van de uitstromende nutriëntenvracht ($L_{uitstroom}^*$) voor de nutriëntenbronnen buiten de uitspoeling (zoals RWZI's en industriële lozingen) is rekening gehouden met de retentie die aangrijpt op deze nutriëntenbronnen (volgens de EmissieRegistratie), zoals eerder bepaald in Van Boekel (2011). Tabel B4.6 geeft aan welke data per stroomgebied zijn gebruikt om de uitstromende nutriëntenvracht te bepalen.

De uitstromende nutriëntenvracht is per dag bepaald. Hiervoor zijn dagelijkse nutriëntenconcentraties nodig die zijn verkregen door lineair te interpoleren tussen de gemeten concentraties met maandelijkse steekmonsters (in HBE-beek en WV Aa). Ook is lineaire interpolatie gebruikt om ontbrekende debietdata en ontbrekende debietsproportionele gemeten nutriëntenconcentraties aan te vullen.

Tabel B4.6 Data per stroomgebied ter bepaling van de uitgaande nutriëntenvracht (= debiet * concentratie) bij het uitstroompunt.

	debiet		nutriëntenconcentraties		
	meetlocatie	meetfrequentie	meetlocatie	meetfrequentie	meetmethode
Drentsche Aa	*	Dagelijks	1114	Wekelijks	debietsproportioneel
Schuitensbeek	25210	Dagelijks/elk uur	25210	Wekelijks	debietsproportioneel
HBE-beek	4070	Dagelijks	29738	Maandelijks	Steekmonster
WV Aa	Stuw Wulpen	dagelijks	1STEABRO	maandelijks	steekmonster

* op basis van modelresultaten van het hydraulische model SWQN (Smit, 2009).

Verband tussen retentie en specifieke afvoer

De retentiefraction (R_f), het deel van de totale nutriëntenbelasting dat in het stroomgebied wordt vastgelegd, kan als volgt worden gerelateerd aan de 'specifieke afvoer' $Q_{specifiek}$ (Klein, 2011; Seitzinger, 2002):

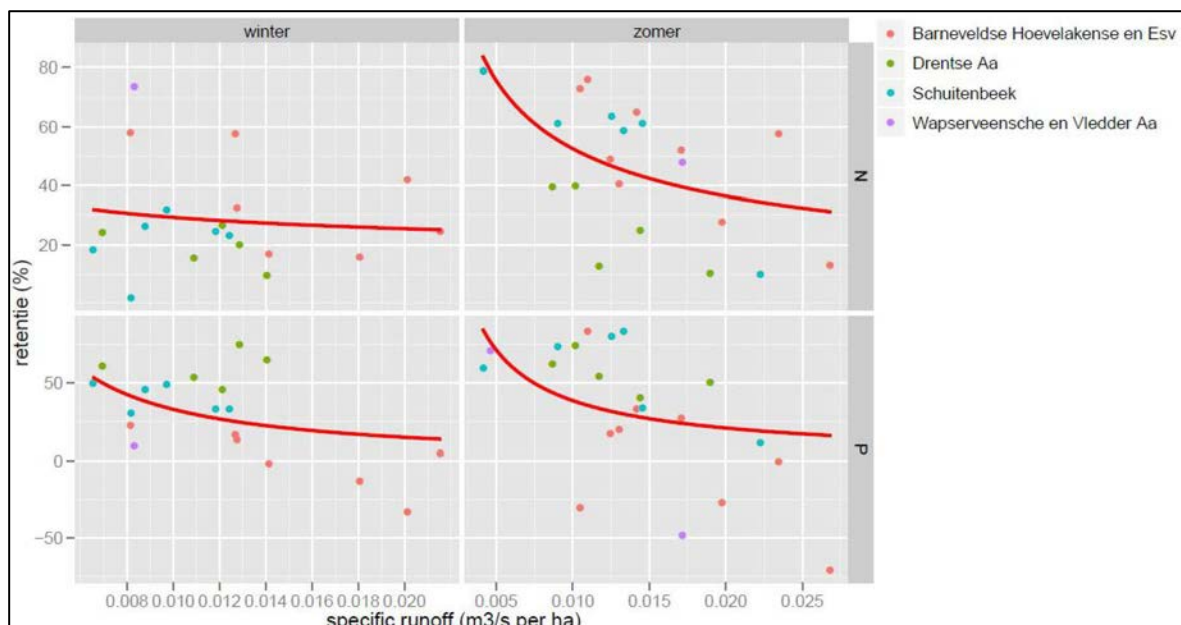
$$R_f = a \cdot Q_{specifiek}^b \quad (4)$$

waarbij a en b nader te bepalen coëfficiënten zijn.

Voor de vier stroomgebieden zijn deze coëfficiënten bepaald voor het winter- en het zomerhalfjaar, omdat dit de temporele resolutie is van zowel het KRW-ECHO-model als de KRW-Verkenner. In elk stroomgebied zijn voor elk zomer- en winterhalfjaar met voldoende meetdata de retentie en de 'specifieke afvoer' bepaald, wat resulteert in de puntenwolken in Figuur B4.1. De 'specifieke afvoer' is hierbij berekend met het gemeten uitgaande debiet en met het openwateroppervlak op basis van de TOP10 waterlopen, waarvan de geometrie is afgeleid van het hydrotype waarin de waterlopen liggen (Massop, 2007).

De puntenwolken in Figuur B4.1 zijn gefit met Vergelijking 3, wat resulteert in waarden voor de coëfficiënten a en b (Tabel B4.7). Te zien is dat de fit in alle gevallen matig is. Dit suggereert dat de 'specifieke afvoer' niet de enige verklarende variabele is voor de retentie, uitgaande van juiste metingen en modeldata. Het gevonden verband voor N is in Figuur B4.2 vergeleken met verbanden afgeleid in andere studies (Klein, 2011; Venohr, 2005; Seitzinger, 2002), waaraan overigens wel andere temporele en ruimtelijke schaalniveaus ten grondslag liggen.

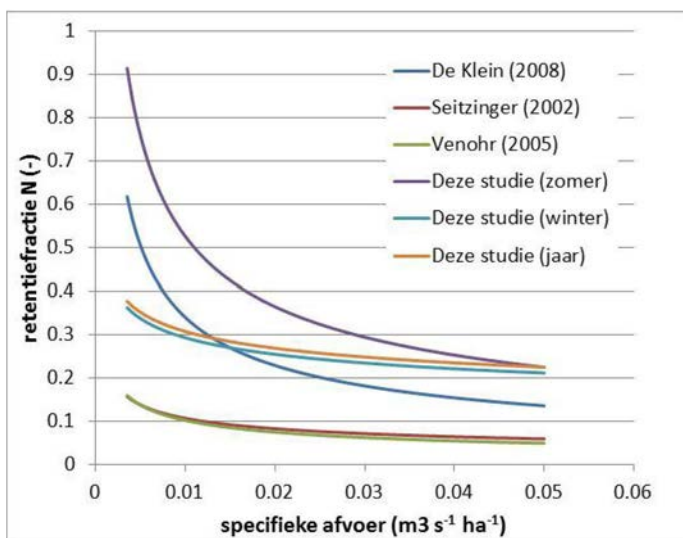
Een bekend nadeel van de machtsbenadering (Vergelijking 3) is dat de retentiefraction groter dan 1 kan worden bij kleine waarden voor de 'specifieke afvoer'. In deze gevallen is de retentiefraction afgekapt tot 90% van de inkomende vracht, omdat grotere retentiewaarden onrealistisch worden geacht.



Figuur B4.1 Verband tussen het retentiepercentage (op de uitspoelende nutriënten vanuit het land-systeem) en de 'specifieke afvoer' voor de vier stroomgebieden, per stof en per halfjaar. De rode lijn geeft de gefitte curve (Vergelijking 4).

Tabel B4.7 Gevonden coëfficiënten voor de vier stroomgebieden op basis van 'specifieke afvoer' in $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{ha}^{-1}$.

	Stikstof		Fosfor	
	a	b	a	b
Winterhalfjaar	0,1153	-0,2025	0,0017	-1,1449
zomerhalfjaar	0,0462	-0,5277	0,0065	-0,8884



Figuur B4.2 Verband tussen de retentiefraction voor stikstof en de 'specifieke afvoer', gevonden in verschillende studies naar laaglandstroomgebieden in Europa en Amerika.

NB De ruimtelijke en temporele schaal waarop de verbanden zijn afgeleid, verschillen sterk per studie: van grote stroomgebieden (860-14.000 km²) op jaarbasis (Venohr, 2005) naar kleinere stroomgebieden (20-400 km²) op jaarbasis (Seitzinger, 2002), winter- en zomerhalfjaar (deze studie) en maandbasis (Klein, 2011). Daarbij heeft de in deze studie berekende retentiefraction alleen betrekking op de nutriëntenuitspoeling vanuit het landsysteem, in tegenstelling tot de andere studies, die de overige nutriëntenbronnen ook meenemen.

Referenties

- Boekel, E.M.P.M. van, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, V.G.M. Linderhof, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, N.B.P. Polman, L.V. Renaud en D.J.J. Walvoort, 2011. Ex-ante evaluatie landbouw en KRW. Alterra rapport 2121, Alterra, Wageningen.
- Gerven, L.P.A. van, A.A.M.F.R. Smit, P. Groenendijk, F.J.E. van der Bolt en J.J.M. de Klein, 2009. Retentieschatting van N en P in het oppervlaktewater op verschillende schaalniveau's. Alterra rapport 1848, Alterra, Wageningen.
- Klein, J. M. de, A. Koelmans, 2011. Quantifying seasonal export and retention of nutriënts in West European lowland rivers at catchment scale. *Hydrological Processes* 25 (13), 2102–2111.
- Massop H.Th.L, J.W.J. van der Gaast & A.G.M. Hermans; Kenmerken van het ontwateringsstelsel in Nederland. Alterra rapport 1397, gepubliceerd: 28 feb 2007; 94 pp.
- Muhammetoglu, A. and S. Soyupak, 2000. A three-dimensional water quality-macrophyte interaction model for shallow lakes. *Ecological Modelling*, Vol. 133, pp. 161-180.
- Roelsma, J., B. van der Grift, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders, 2011a. Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Drentsche Aa. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden. Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-I. Alterra rapport 2218.
- Roelsma, J., B. van der Grift, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders, 2011b. Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Schuitembeek. Bronnen, routes en sturingsmogelijkheden. Reeks Monitoring Stroomgebieden 25-II. Wageningen, Alterra, rapportnummer 2219.
- Roijackers, R., Szabó, S., and Scheffer, M., 2004. Experimental analysis of the competition between algae and duckweed. *Hydrobiologie* 160, 401-412.
- Seitzinger S.P., Styles R.V., Boyer E.W., Alexander R.B., Billen G., Howarth, R.W., Mayer B., Van Breemen N. 2002. Nitrogen retention in rivers: model development and application to watersheds in the northeastern USA. *Biogeochemistry* 57: 199–237.
- Siderius C., P. Groenendijk, L.P.A. van Gerven, M.H.J.L. Jeuken, A.A.M.F.R Smit, 2008. Process description of NuswaLite; a simplified model for the fate of nutriënts in surface waters. Alterra Report 1226.2, Alterra, Wageningen.
- Siderius, C., J. Roelsma, H.M. Mulder, L.P.A. van Gerven, R.F.A. Hendriks en T.P. van Tol-Leenders, 2011. Kalibratie Modelsysteem Monitoring Stroomgebieden. Reeks Monitoring Stroomgebieden 22. Alterra rapport 2216, Alterra, Wageningen.
- Smit A.A.M.F.R, C. Siderius, L.P.A. van Gerven, 2009. Process description of SWQN; A simplified hydraulic model. Alterra Report 1226.1, Alterra, Wageningen.
- Venohr M., Donohue I., Fogelberg S., Arheimer B., Irvine K. & Behrendt H. (2005) Nitrogen retention in a river system and the effects of river morphology and lakes. *Water Science and Technology*, 51, 19-29.
- Veraart, A.J., W. J. J. de Bruijne, J. M. de Klein, T. H. M. Peeters, M. Scheffer, 2011a. Effects of aquatic vegetation type on denitrification. *Biogeochemistry* 104:267–274.
- Veraart, A.J., de Klein, J.J.M., Scheffer, M., 2011b. Warming Can Boost Denitrification Disproportionately Due to Altered Oxygen Dynamics. *PLoS ONE* 6(3): e18508. doi:10.1371/journal.pone.0018508
- Veraart, A.J., M. Rocha Dimitrov, A. Schrier-Uijl, F. Gillissen, H. Smidt, J.J.M. de Klein, Denitrification in Dutch drainage ditches, relations with nitrate and nirK abundance. (tentative title)
- Wolf, J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rötter en H. van Zeijts, 2003. The integrated modelling system STONE for calculating nutriënt emissions from agriculture in the Netherlands, *Environ. Modelling & Software*, 18, pp. 397-417.

Bijlage 5 Uit- en afspoeling nutriënten 2006-2013

Tabel B5.1 *Uit- en afspoeling STIKSTOF gemiddeld per jaar, winter- en zomerhalfjaar vanuit landelijk gebied in de periode 2006-2013, uitgedrukt in kg per hectare landelijk gebied.*

ID	Afwateringsgebied	Uit- en afspoeling (kg N/ha)		
		jaar	winter	zomer
Goeree-Overflakkee				
1	Afwatering Den Bommel	31,2	26,6	4,6
2	Afwatering Dirksland	28,7	24,5	4,3
3	Afwatering Galathee	31,8	27,0	4,8
5	Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	28,1	24,0	4,1
6	Afwatering kern Middelharnis / Oudeland van Middelharnis	28,8	24,5	4,3
8	Afwatering Stellendam	26,9	22,7	4,2
10	Afwatering Witte Brug	18,7	15,4	3,3
11	Battenoord	30,7	26,1	4,6
13	Boezem van Oude-Tonge	106,4	104,9	1,5
18	De Drie Polders	31,3	26,6	4,7
20	Duinen Goeree	5,6	3,7	1,9
22	Groote Kreek	31,8	27,1	4,7
23	Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	27,4	23,2	4,1
25	Het Oudeland en havenkanaal van Ooltgensplaat	29,5	25,1	4,4
28	Kilhaven	20,2	15,9	4,2
32	Nieuwe Stad	29,8	25,3	4,6
43	Spuipolder en havenkanaal van Middelharnis	0,9	0,8	0,1
Voorne-Putten				
4	Afwatering Groot Voorne West	25,3	19,1	6,2
9	Afwatering Voorne Oost	28,8	21,8	6,9
14	Brielse Meer en Bernisse	9,2	7,2	2,0
16	Buitengebied Putten-Oost	18,8	13,8	4,9
17	De Dalle	16,2	12,1	4,1
27	Kanaal door Voorne	28,9	22,2	6,7
30	Leenheerenpolder	32,4	23,9	8,5
34	Oostvoornse Meer	12,4	9,3	3,0
39	Polder Beningerwaard	43,8	32,5	11,3
40	Polder Zuidoord	36,4	26,9	9,5
45	Vierambachtenboezem-West / Vierambachtenboezem-Oost	16,0	12,3	3,8
46	Voorne Oost-Zuid	35,2	26,9	8,3
Hoeksche Waard				
7	Afwatering Polder Moerkerken	24,1	17,5	6,6
12	Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	15,9	11,9	4,0
15	Brienenswaard op Tiengemeten	16,3	13,1	3,2
19	De Keen / Afwatering Oudeland Strijen	25,8	18,9	6,9
21	Gecombineerde Middenpolder op Tiengemeten	9,1	7,8	1,2
24	Havenkanaal Numansdorp / Torenstee Polder / Molen Polder	31,6	23,5	8,1
26	Hogezandsepolder	38,3	28,3	10,1
29	Kuipersveer	23,7	17,5	6,2
31	Meer en Oude Mol	36,1	27,0	9,1
33	Oostvliet	30,3	22,3	8,0
35	Oud-Beijerlandse Kreek / De Vliet	27,5	20,3	7,2
36	Oude Haven Heinenoord, Oud Heinenoord	26,6	19,6	7,0
37	Oude Polder op Tiengemeten	17,9	15,3	2,5
38	Piershilsche Gat/Vissersvliet	33,7	24,9	8,8
41	Raepschille	31,7	23,0	8,7
42	Schuringsche Haven / Verlorendiep	32,9	24,4	8,5
44	Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	29,8	22,3	7,6
47	Westerse Polder	19,6	15,6	4,1

Tabel B5.2 Uit- en afspoeling FOSFOR gemiddeld per jaar, winter- en zomerhalfjaar vanuit landelijk gebied in de periode 2006-2013, uitgedrukt in kg per hectare landelijk gebied.

ID	Afwateringsgebied	Uit- en afspoeling (kg P/ha)		
		jaar	winter	zomer
Goeree-Overflakkee				
1	Afwatering Den Bommel	2,7	2,2	0,5
2	Afwatering Dirksland	2,5	2,1	0,4
3	Afwatering Galathee	2,8	2,3	0,5
5	Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	2,5	2,1	0,4
6	Afwatering kern Middelharnis / Oudeland van Middelharnis	2,4	2,0	0,4
8	Afwatering Stellendam	2,7	2,2	0,5
10	Afwatering Witte Brug	2,2	1,7	0,5
11	Battenoord	2,7	2,2	0,5
13	Boezem van Oude-Tonge	15,4	15,1	0,3
18	De Drie Polders	2,7	2,3	0,5
20	Duinen Goeree	1,1	0,7	0,5
22	Groote Kreek	2,8	2,3	0,5
23	Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	2,8	2,3	0,5
25	Het Oudeland en havenkanaal van Ooltgensplaat	2,5	2,1	0,4
28	Kilhaven	2,6	1,9	0,7
32	Nieuwe Stad	2,6	2,1	0,5
43	Spuipolder en havenkanaal van Middelharnis	0,2	0,1	0,0
Voorne-Putten				
4	Afwatering Groot Voorne West	3,5	2,6	0,9
9	Afwatering Voorne Oost	4,0	3,0	1,0
14	Brielse Meer en Bernisse	1,0	0,8	0,3
16	Buitengebied Putten-Oost	2,9	2,1	0,8
17	De Dalle	2,4	1,7	0,7
27	Kanaal door Voorne	4,3	3,2	1,0
30	Leenheerenpolder	5,5	4,0	1,5
34	Oostvoornse Meer	2,0	1,6	0,5
39	Polder Beningerwaard	5,9	4,2	1,6
40	Polder Zuidoord	5,1	3,7	1,4
45	Vierambachtenboezem-West / Vierambachtenboezem-Oost	2,2	1,6	0,6
46	Voorne Oost-Zuid	4,6	3,4	1,2
Hoeksche Waard				
7	Afwatering Polder Moerkerken	3,8	2,7	1,1
12	Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	2,0	1,4	0,6
15	Brienenswaard op Tiengemeten	4,1	3,2	0,8
19	De Keen / Afwatering Oudeland Strijen	3,7	2,6	1,0
21	Gecombineerde Middenpolder op Tiengemeten	1,9	1,6	0,3
24	Havenkanaal Numansdorp / Torenstee Polder / Molen Polder	4,8	3,6	1,3
26	Hogezandsepolder	5,5	3,9	1,5
29	Kuipersveer	3,7	2,6	1,1
31	Meer en Oude Mol	5,0	3,6	1,4
33	Oostvliet	4,6	3,3	1,3
35	Oud-Beijerlandsche Kreek / De Vliet	4,2	3,0	1,2
36	Oude Haven Heinenoord, Oud Heinenoord	4,3	3,1	1,2
37	Oude Polder op Tiengemeten	3,1	2,6	0,5
38	Piershilsche Gat/Vissersvliet	4,9	3,6	1,4
41	Raepschille	5,4	3,9	1,5
42	Schuringsche Haven / Verlorendiep	4,7	3,4	1,3
44	Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	4,5	3,3	1,2
47	Westerse Polder	3,0	2,3	0,6

Bijlage 6 Nutriëntenbalansen per afwateringsgebied

Stikstofbalans waterlichamen jaargemiddeld 2006-2013, uitgedrukt in kg/ha	Actuele bemesting	Historische bemesting	Nalevering bodem	Atmosferische depositie	Kwel	Infiltratie	Totale uitspoeling landbouwgronden	Uit- en afspoeling natuur	Uit- en afspoeling stedelijk	Overige agrarisch emissies	Atmosferische depositie	Overige (industrie, overstorten, iba's ea)	Rwzi	Inlaat	Directe kwel open water	Totaal in	Retentie (kg/ha)	Totaal uit
Goeree-Overflakkee																		
Afwatering Den Bommel	19,9	2,1	5,8	2,0	0,9	0,2	30,8	0,4	0,4	0,6	0,5	0,0	0	3,6	0,5	37	4,6	32
Afwatering Dirksland	18,3	1,8	5,4	1,9	0,9	0,2	28,4	0,3	1,0	0,5	0,5	0,0	0	1,5	0,6	33	3,8	29
Afwatering Galathee	19,8	2,2	6,3	2,0	0,7	0,2	31,2	0,6	0,2	0,6	0,4	0,0	0	3,3	0,3	37	4,2	32
Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	17,3	2,0	5,4	1,7	1,0	0,2	27,6	0,5	0,8	0,6	0,5	0,1	0	4,5	0,4	35	4,7	30
Afwatering kern Middelhamnis / Afwatering Het Oudeland van Middelhamnis	18,5	1,7	5,3	1,9	1,0	0,1	28,5	0,4	1,0	0,5	0,6	0,1	0	0,8	0,3	32	4,9	27
Afwatering Stellendam	15,1	1,8	6,2	1,6	1,4	0,1	26,3	0,6	0,5	0,5	0,4	0,0	0	1,3	0,1	30	3,8	26
Afwatering Witte Brug	8,9	0,9	3,1	0,9	2,0	0,1	15,9	2,8	1,2	0,4	0,6	0,1	0	6,1	0,0	27	5,7	21
Boezem van Oude-Tonge	2.517	291	784	254	138	28	4.011	60	74	87	69	7	0	504	43	4.855	50	4.805
Groote Kreek	20,3	2,0	6,1	2,1	0,9	0,2	31,5	0,4	0,1	0,7	0,4	0,0	0	2,7	0,2	36	3,9	32
Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	15,3	1,8	5,2	1,6	1,0	0,1	25,0	2,3	0,3	0,4	1,3	0,0	1,7	26,9	0,0	58	11,3	47
Voorne-Putten																		
Afwatering Groot Voorne West	13,0	1,0	5,0	1,2	2,3	0,4	22,9	2,4	1,4	2,0	0,8	0,1	0	7,2	1,1	38	7,3	31
Afwatering Voorne Oost	16,3	1,1	6,9	1,5	1,6	0,4	27,8	1,0	2,0	0,5	0,7	0,1	0	10,2	0,8	43	6,4	37
Brielse Meer en Bemisse	4,9	0,3	1,6	0,5	0,4	0,1	7,7	1,4	2,8	0,2	7,7	0,2	0	678	3,8	701	54,1	647
De Dalle	7,8	0,5	4,7	0,6	0,7	0,5	14,8	1,4	3,0	0,3	1,1	0,3	0	0,7	1,4	23	8,1	15
Kanaal door Voorne	146	10	57	14	21	4	252	20	17	15	9	1	37	75	12	438	19	419
Vierambachtenboezem-West/ Vierambachtenboezem-Oost	8,4	0,6	3,8	0,7	0,5	0,2	14,3	1,8	4,6	0,3	1,1	0,1	0	1,2	1,2	25	8,8	16
Hoeksche Waard																		
Afwatering Polder Moerkerken	14,9	0,4	5,5	1,4	1,5	0,2	23,9	0,1	2,4	0,8	0,5	0,2	0	2,5	0,4	31	4,6	26
Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	10,3	0,5	3,3	0,9	0,2	0,2	15,4	0,5	1,0	0,7	5,6	0,1	0	1,1	1,5	26	20,4	5
De Keen (bovenstroms gemaal Overwater)/ Afwatering Oudeland Strijen	14,6	0,6	5,7	1,2	0,8	0,6	23,4	2,4	0,8	0,6	0,9	0,1	0	0,9	0,8	30	6,1	24
Meer en Oude Mol	21,4	1,0	8,7	2,2	2,1	0,4	35,8	0,3	0,1	0,6	0,4	0,1	0	6,7	0,7	45	3,2	42
Oostvliet	17,9	0,6	7,0	1,8	1,9	0,3	29,5	0,8	1,2	0,6	2,3	0,3	1,6	0,6	3,4	40	5,7	35
Oud-Beijerlandse Kreek / De Vliet	16,6	0,5	6,5	1,6	1,8	0,3	27,3	0,2	1,8	0,7	0,6	0,2	0	1,7	0,6	33	5,6	27
Piershilsche Gat/Vissersvliet	20,0	0,7	7,9	2,0	2,1	0,4	32,9	0,8	0,5	0,5	0,5	0,0	0,2	3,0	0,5	39	5,2	34
Schuringsche Haven / Verlorendiep	20,1	0,7	7,6	2,0	2,1	0,4	32,8	0,2	0,9	0,5	0,5	0,1	0	1,8	0,5	37	4,3	33
Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	17,5	0,8	7,5	1,7	1,9	0,3	29,6	0,2	1,1	0,5	0,7	0,0	0	0,4	1,0	34	5,7	28

	Actuele bemesting	Historische bemesting	Nalevering bodem	Atmosferische depositie	Kwel	Infiltratie	Totale uitspoeling landbouwgronden	Uit- en afspoeling natuur	Uit- en afspoeling stedelijk	Overige agrarisch emissies	Atmosferische depositie	Overige (industrie, overstorten, iba's ea)	Rwzi	Inlaat	Directe kwel open water	Totaal in	Retentie (kg/ha)	Totaal uit
Stikstofbalans waterlichamen jaargemiddeld 2006-2013, uitgedrukt in kg/ha																		
Goeree-Overflakkee																		
Afwatering Den Bommel	0,00	0,85	1,28	0,00	0,35	0,09	2,58	0,08	0,09	0,03	0	0,00	0	0,12	0,12	3,02	1,40	1,62
Afwatering Dirksland	0,02	0,77	1,21	0,00	0,34	0,08	2,43	0,06	0,21	0,03	0	0,01	0	0,12	0,12	2,98	1,34	1,64
Afwatering Galathee	0,00	0,94	1,38	0,00	0,32	0,08	2,72	0,12	0,06	0,04	0	0,00	0	0,11	0,07	3,12	1,48	1,64
Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	0,00	0,83	1,14	0,00	0,38	0,10	2,46	0,08	0,17	0,04	0	0,01	0	0,14	0,08	2,97	1,36	1,61
Afwatering kern Middelhamis / Afwatering Het Oudeland van Middelhamis	0,02	0,72	1,18	0,00	0,36	0,07	2,36	0,07	0,22	0,03	0	0,01	0	0,03	0,08	2,78	1,28	1,50
Afwatering Stellendam	0,08	1,01	0,98	0,00	0,46	0,08	2,60	0,12	0,12	0,05	0	0,01	0	0,13	0,03	3,06	1,43	1,63
Afwatering Witte Brug	0,04	0,50	0,62	0,00	0,48	0,03	1,67	0,54	0,26	0,04	0	0,01	0	1,33	0,00	3,85	1,43	2,42
Boezem van Oude-Tonge	0,5	76,9	102,3	0,0	34,6	8,96	223,3	6,84	9,61	3,77	0	0,44	0	9,57	6,20	259,7	56,6	203,1
Groote Kreek	0,01	0,86	1,38	0,00	0,35	0,09	2,69	0,09	0,03	0,06	0	0,00	0	0,09	0,04	3,00	1,43	1,57
Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem/ Haven van Dirksland	0,01	0,85	1,04	0,00	0,34	0,07	2,31	0,48	0,07	0,04	0	0,00	0,24	3,80	0,00	6,94	2,18	4,76
Voorne-Putten																		
Afwatering Groot Voorne West	0,07	0,50	1,87	0,00	0,57	0,15	3,17	0,30	0,23	0,19	0	0,01	0	0,27	0,17	4,33	1,91	2,43
Afwatering Voorne Oost	0,05	0,75	2,31	0,00	0,55	0,18	3,84	0,17	0,40	0,06	0	0,01	0	0,27	0,12	4,88	2,18	2,70
Brielse Meer en Bemisse	0,09	0,12	0,57	0,00	0,10	0,01	0,88	0,15	0,38	0,01	0	0,02	0	25,91	0,57	27,93	5,90	22,04
De Dalle	0,22	0,39	1,19	0,00	0,25	0,13	2,17	0,22	0,56	0,04	0	0,03	0	0,06	0,21	3,29	1,38	1,91
Kanaal door Voorne	0,43	4,17	15,20	0,00	4,09	1,21	25,10	1,95	2,19	1,01	0	0,08	20,54	1,68	1,44	53,99	7,98	46,02
Vierambachtenboezem-West/ Vierambachtenboezem-Oost	0,22	0,36	1,11	0,00	0,15	0,06	1,90	0,27	0,82	0,03	0	0,01	0	0,05	0,18	3,26	1,30	1,96
Hoeksche Waard																		
Afwatering Polder Moerkerken	0,04	1,04	0,84	0,00	1,37	0,53	3,82	0,02	0,45	0,06	0	0,03	0	0,09	0,06	4,53	2,06	2,47
Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	0,51	0,42	0,89	0,00	0,06	0,04	1,92	0,07	0,16	0,07	0	0,01	0	0,05	0,23	2,51	1,10	1,41
De Keen (bovenstrooms gemaal Overwater) / Afwatering Oudeland Strijen	0,68	0,57	1,36	0,00	0,53	0,25	3,38	0,31	0,12	0,05	0	0,01	0	0,09	0,12	4,07	1,92	2,15
Meer en Oude Mol	0,00	1,24	2,52	0,00	0,91	0,30	4,98	0,04	0,02	0,04	0	0,01	0	0,28	0,11	5,47	2,60	2,87
Oostvliet	0,00	1,07	1,52	0,00	1,35	0,50	4,43	0,14	0,25	0,05	0	0,02	0,11	0,03	0,51	5,55	2,46	3,09
Oud-Beijerlandse Kreek / De Vliet	0,00	1,04	1,18	0,00	1,40	0,54	4,16	0,03	0,38	0,05	0	0,02	0	0,07	0,09	4,80	2,22	2,58
Piershilsche Gat/Visserstvliet	0,00	1,23	1,58	0,00	1,45	0,54	4,81	0,12	0,09	0,03	0	0,01	0,02	0,11	0,08	5,26	2,53	2,73
Schuringsche Haven / Verlorendiep	0,00	1,20	1,60	0,00	1,37	0,52	4,69	0,03	0,18	0,04	0	0,01	0	0,07	0,08	5,10	2,44	2,66
Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	0,01	1,05	1,51	0,00	1,38	0,54	4,49	0,04	0,23	0,04	0	0,01	0	0,02	0,15	4,97	2,35	2,62

Stikstofbalans waterlichamen jaargemiddeld 2006-2013, uitgedrukt in kg/ha	Actuele bemesting	Historische bemesting	Nalevering bodem	Atmosferische depositie	Kwel	Infiltratie	Totale uitspoeling landbouwgronden	Uit- en afspoeling natuur	Uit- en afspoeling stedelijk	Overige agrarisch emissies	Atmosferische depositie	Overige (Industrie, overstoren, iba's ea)	Rwzi	Inlaat	Directe kwel open water	Totaal in	Retentie (kg/ha)	Totaal uit
Goeree-Overflakkee																		
Afwatering Den Bommel	2,92	0,30	0,85	0,30	0,13	0,03	4,5	0,06	0,19	0,31	0,24	0,02	0	3,5	0,26	9,1	2,7	2,7
Afwatering Dirksland	2,71	0,27	0,80	0,28	0,13	0,02	4,2	0,05	0,31	0,26	0,25	0,02	0	1,4	0,28	6,8	2,1	4,7
Afwatering Galathee	2,97	0,32	0,94	0,30	0,11	0,02	4,7	0,09	0,10	0,29	0,22	0,02	0	3,2	0,15	8,7	2,3	6,5
Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	2,49	0,29	0,77	0,25	0,14	0,03	4,0	0,07	0,29	0,31	0,26	0,03	0	4,0	0,19	9,1	2,1	7,1
Afwatering kern Middelhamis / Afwatering Het Oudeland van Middelhamis	2,78	0,26	0,79	0,28	0,15	0,02	4,3	0,06	0,35	0,27	0,30	0,04	0	0,8	0,17	6,3	2,8	3,5
Afwatering Stellendam	2,35	0,29	0,97	0,25	0,22	0,02	4,1	0,10	0,22	0,25	0,18	0,02	0	1,2	0,06	6,2	2,5	3,7
Afwatering Witte Brug	1,58	0,16	0,55	0,16	0,35	0,01	2,8	0,50	0,57	0,22	0,32	0,03	0	5,3	0	9,7	3,1	6,6
Boezem van Oude-Tonge	318,3	35,0	97,3	32,1	16,2	3,20	502,0	7,6	24,25	38,85	30,70	2,96	0	408,3	19,34	1.034	24,6	1.009
Groote Kreek	3,00	0,30	0,90	0,30	0,13	0,02	4,6	0,05	0,08	0,35	0,19	0,01	0	2,7	0,10	8,1	1,9	6,2
Havenkanaal Goedereede/ Zuiderdiepboezem / Haven van Dirksland	2,31	0,27	0,79	0,23	0,14	0,02	3,8	0,35	0,11	0,22	0,65	0,02	0,86	20,4	0	26,4	5,5	20,8
Voorne-Putten																		
Afwatering Groot Voorne West	3,20	0,24	1,22	0,30	0,58	0,09	5,6	0,59	0,60	1,01	0,41	0,05	0	5,4	0,56	14,3	4,0	10,2
Afwatering Voorne Oost	3,91	0,27	1,65	0,37	0,38	0,11	6,7	0,23	0,71	0,27	0,34	0,06	0	7,2	0,41	15,9	3,4	12,5
Brielse Meer en Bemisse	1,06	0,07	0,34	0,10	0,08	0,03	1,7	0,31	0,91	0,10	3,85	0,10	0	345,6	1,91	354,4	7,7	346,7
De Dalle	1,99	0,14	1,19	0,16	0,19	0,12	3,8	0,37	1,26	0,16	0,56	0,15	0	0,7	0,70	7,7	3,6	4,1
Kanaal door Voorne	32,31	2,32	12,70	3,01	4,65	0,91	55,9	4,35	5,99	6,82	4,19	0,49	18,71	49,8	5,76	152,0	13,3	138,7
Vierambachtenboezem-West/ Vierambachtenboezem-Oost	1,98	0,14	0,90	0,17	0,11	0,04	3,3	0,42	1,61	0,16	0,56	0,07	0	1,2	0,61	8,0	3,8	4,2
Hoeksche Waard																		
Afwatering Polder Moerkerken	4,08	0,10	1,52	0,39	0,40	0,06	6,5	0,03	0,89	0,41	0,25	0,12	0	2,3	0,19	10,8	2,8	7,9
Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	2,59	0,12	0,83	0,23	0,06	0,04	3,9	0,14	0,38	0,34	2,78	0,03	0	1,1	0,76	9,4	5,6	3,9
De Keen (bovenstrooms gemaal Overwater) / Afwatering Oudeland Strijen	3,88	0,15	1,53	0,32	0,21	0,16	6,2	0,64	0,33	0,33	0,46	0,03	0	1,0	0,39	9,4	3,0	6,4
Meer en Oude Mol	5,40	0,26	2,20	0,56	0,52	0,10	9,0	0,06	0,07	0,31	0,18	0,05	0	5,2	0,37	15,3	2,2	13,1
Oostvliet	4,71	0,16	1,85	0,47	0,50	0,08	7,8	0,21	0,48	0,30	1,16	0,14	0,85	0,6	1,72	13,2	3,5	9,7
Oud-Beijerlandse Kreek / De Vliet	4,36	0,14	1,70	0,42	0,47	0,08	7,2	0,04	0,68	0,35	0,29	0,10	0	1,7	0,31	10,6	3,1	7,5
Piershilsche Gat/Vissersvliet	5,21	0,17	2,05	0,52	0,54	0,09	8,6	0,20	0,21	0,27	0,24	0,02	0,13	2,7	0,26	12,6	3,0	9,6
Schuringsche Haven / Verlorendiep	5,18	0,17	1,95	0,52	0,54	0,10	8,5	0,05	0,37	0,27	0,23	0,04	0	1,7	0,27	11,4	2,5	8,9
Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	4,44	0,20	1,89	0,42	0,47	0,09	7,5	0,05	0,38	0,25	0,37	0,02	0	0,4	0,50	9,5	3,2	6,3

Stikstofbalans waterlichamen jaargemiddeld 2006-2013, uitgedrukt in kg/ha	Actuele bemesting	Historische bemesting	Nalevering bodem	Atmosferische depositie	Kwel	Infiltratie	Totale uitspoeling landbouwgronden	Uit- en afspoeling natuur	Uit- en afspoeling stedelijk	Overige agrarisch emissies	Atmosferische depositie	Overige (industrie, overstorten, iba's ea)	Rwzi	Inlaat	Directe kwel open water	Totaal in	Retentie (kg/ha)	Totaal uit
Goeree-Overflakkee	0,000	0,15	0,22	0	0,06	0,02	0,4	0,01	0,04	0,02	0	0,00	0	0,1	0,06	0,7	0,3	0,3
Afwatering Den Bommel	0,003	0,14	0,21	0	0,06	0,01	0,4	0,01	0,07	0,02	0	0,00	0	0,1	0,06	0,7	0,3	0,4
Afwatering Dirksland	0,001	0,16	0,24	0	0,06	0,01	0,5	0,02	0,02	0,02	0	0,00	0	0,1	0,03	0,7	0,3	0,4
Afwatering Galathee	0,001	0,14	0,19	0	0,06	0,02	0,4	0,01	0,06	0,02	0	0,00	0	0,1	0,04	0,7	0,3	0,4
Afwatering Het Oudeland van Oude-Tonge	0,004	0,13	0,21	0	0,06	0,01	0,4	0,01	0,08	0,01	0	0,00	0	0,0	0,04	0,6	0,3	0,3
Afwatering kern Middelhamis / Afwatering Het Oudeland van Middelhamis	0,015	0,19	0,18	0	0,09	0,01	0,5	0,02	0,05	0,03	0	0,00	0	0,1	0,01	0,7	0,3	0,4
Afwatering Stellendam	0,010	0,12	0,14	0	0,11	0,01	0,4	0,12	0,13	0,02	0	0,00	0	1,2	0	1,8	0,5	1,3
Afwatering Witte Brug	0,098	13,2	19,2	0	5,8	1,50	39,9	1,3	4,00	2,17	0	0,25	0	10,1	3,43	61,1	12,3	48,8
Boezem van Oude-Tonge	0,002	0,15	0,24	0	0,06	0,02	0,5	0,01	0,02	0,03	0	0,00	0	0,1	0,02	0,6	0,3	0,4
Groote Kreek	0,002	0,15	0,18	0	0,06	0,01	0,4	0,08	0,02	0,02	0	0,00	0,12	3,1	0	3,7	0,9	2,9
Havenkanaal Goedereede / Zuiderdiepboezem/ Haven van Dirksland																		
Voorne-Putten	0,018	0,13	0,49	0	0,15	0,04	0,8	0,08	0,11	0,10	0	0,01	0	0,2	0,09	1,4	0,6	0,8
Afwatering Groot Voorne West	0,014	0,20	0,60	0	0,14	0,05	1,0	0,04	0,14	0,03	0	0,01	0	0,2	0,06	1,5	0,6	0,9
Afwatering Voorne Oost	0,023	0,03	0,15	0	0,03	0,00	0,2	0,04	0,15	0,01	0	0,01	0	14,8	0,29	15,5	3,2	12,4
Brielse Meer en Bemisse	0,060	0,11	0,32	0	0,07	0,03	0,6	0,06	0,23	0,02	0	0,01	0	0,1	0,10	1,1	0,4	0,7
De Dalle	0,119	1,15	4,18	0	1,13	0,33	6,9	0,54	0,92	0,56	0	0,04	9,88	1,3	0,76	21,0	2,5	18,4
Kanaal door Voorne	0,056	0,09	0,28	0	0,04	0,01	0,5	0,07	0,29	0,02	0	0,01	0	0,0	0,09	1,0	0,4	0,6
Vierambachtenboezem-West/ Vierambachtenboezem-Oost																		
Hoeksche Waard	0,010	0,30	0,24	0	0,39	0,15	1,1	0,01	0,17	0,03	0	0,02	0	0,1	0,03	1,4	0,6	0,8
Afwatering Polder Moerkerken	0,144	0,12	0,25	0	0,02	0,01	0,5	0,02	0,07	0,04	0	0,00	0	0,0	0,12	0,8	0,3	0,5
Binnenbedijkte Maas / Boezemvliet	0,190	0,16	0,38	0	0,15	0,07	1,0	0,09	0,06	0,03	0	0,00	0	0,1	0,06	1,3	0,6	0,7
De Keen (bovenstrooms gemaal Overwater)/ Afwatering Oudeland Strijen	0,000	0,34	0,69	0	0,25	0,08	1,4	0,01	0,01	0,02	0	0,00	0	0,2	0,06	1,7	0,7	0,9
Meer en Oude Mol	0,000	0,30	0,42	0	0,37	0,14	1,2	0,04	0,10	0,03	0	0,01	0,06	0,0	0,26	1,7	0,7	1,0
Oostvliet	0,001	0,29	0,32	0	0,39	0,15	1,1	0,01	0,14	0,03	0	0,01	0	0,1	0,05	1,4	0,6	0,8
Oud-Beijerlandse Kreek / De Vliet	0,001	0,34	0,44	0	0,40	0,15	1,3	0,03	0,04	0,02	0	0,00	0,01	0,1	0,04	1,6	0,7	0,9
Piershilsche Gat/Visserstvliet	0,001	0,33	0,45	0	0,38	0,14	1,3	0,01	0,07	0,02	0	0,01	0	0,1	0,04	1,5	0,7	0,8
Schuringsche Haven / Verlorendiep	0,001	0,28	0,40	0	0,37	0,14	1,2	0,01	0,07	0,02	0	0,00	0	0,0	0,08	1,4	0,6	0,8
Strijensche haven, Nieuwe haven, De Keen	0,000	0,15	0,22	0	0,06	0,02	0,4	0,01	0,04	0,02	0	0,00	0	0,1	0,06	0,7	0,3	0,3

Stikstofbalans waterlichamen jaargemiddeld 2006-2013, uitgedrukt in kg/ha	Areal (ha)	Actuele bemesting	Historische bemesting	Nalevering bodem	Atmosferische depositie	Kwel	Infiltratie	Totale uitspoeling landbouwgronden	Uit- en afspoeling natuur	Uit- en afspoeling stedelijk	Overige agrarisch emissies	Atmosferische depositie	Overige (industrie, overstorten, iba' s ea)	Overige emissies	Directe kwel open water	Totaal IN
Goeree-Overflakkee																
	917	19,7	1,6	5,3	2,0	0,8	0,1	29,6	1,1	1,1	0,5	0,4	0	0,0	0,3	33,0
Battenoord																
De Drie Polders	481	20,0	1,8	5,5	2,0	0,7	0,1	30,1	1,1	0,5	0,4	0,4	0	0,0	0,3	32,9
Duinen Goeree	1.058	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0	6,2
Het Oudeland en havenkanaal van Ooltgensplaat	763	19,1	1,8	5,3	1,9	0,6	0,1	28,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,0	0,1	0,6	31,9
Kilhaven	958	7,8	0,6	2,8	0,8	5,3	0,0	17,4	2,8	1,2	0,3	0,6	0	0,0	0	22,3
Nieuwe Stad	263	18,8	2,0	6,0	1,9	0,9	0,1	29,8	0,1	0,9	0,5	0,4	0,0	0,0	0,1	31,9
Spuipolder en havenkanaal van Middelharnis	43	0,2	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	8,2	0,2	5,1	0,0	0,2	0,8	15,4
Voorne-Putten																
Buitengebied Putten-Oost	326	11,5	0,4	4,2	1,1	1,2	0,2	18,6	0,2	5,4	0,2	1,2	0,0	0,3	1,3	27,2
Leenheerenpolder	127	18,5	1,2	8,8	1,6	2,0	0,3	32,4	0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,3	0,1	33,6
Oostvoornse Meer	646	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	12,1	0,1	0,3	2,8	0,0	0,1	0	15,6
Polder Beningerwaard	59	25,1	1,2	11,4	2,7	2,2	0,3	42,9	0,9	0,0	0,1	2,5	0,5	0,3	0	47,2
Polder Zuidoord	67	21,3	1,0	9,9	2,3	1,6	0,2	36,4	0,0	0,0	0,1	0,2	0,5	0,3	0	37,5
Voorne Oost-Zuid	704	21,4	1,1	7,7	2,1	2,3	0,5	35,1	0,1	0,3	0,6	0,4	0,0	0,1	0,5	37,2
Hoeksche Waard																
Brienswaard op Tiengemeten	271	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	16,2	0,0	0,2	7,2	0,0	0,0	0	23,8
Gecombineerde Middenpolder op Tiengemeten	396	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	8,7	1,1	0,2	4,9	0,0	0,0	0	15,3
Havenkanaal Numansdorp, Torenstee Polder, Molen Polder	408	17,4	1,1	8,7	1,7	1,7	0,3	30,9	0,7	0,6	0,6	0,9	0,0	0,0	0,7	34,5
Hogezandsepolder	642	23,2	0,5	8,6	2,3	2,5	0,4	37,6	0,7	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,1	39,1
Kuipersveer	759	14,6	0,5	5,5	1,5	1,1	0,2	23,4	0,3	2,8	0,8	0,4	0,1	0,1	0,3	28,2
Oude Haven Heinenoord, Oud Heinenoord	349	16,3	0,6	6,4	1,6	1,5	0,2	26,5	0,1	1,2	1,1	0,5	0,0	0,1	0,6	30,1
Oude Polder op Tiengemeten	49	4,2	0,5	1,7	0,4	0,5	0,1	7,3	10,6	0,0	0,3	0,8	0,0	0,0	0	19,1
Raepschille	315	18,9	0,5	7,7	1,7	2,1	0,3	31,1	0,6	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,1	32,7
Westerse Polder	264	10,0	1,4	6,0	0,9	0,9	0,3	19,5	0,2	3,7	0,5	0,9	0,0	0,0	0,9	25,6

Stikstofbalans waterlichamen jaargemiddeld 2006-2013, uitgedrukt in kg/ha																
	Areal (ha)	Actuele bemesting	Historische bemesting	Nalevering bodem	Atmosferische depositie	Kwel	Infiltratie	Totale uitspoeling landbouwgronden	Uit- en afspoeling natuur	Uit- en afspoeling stedelijk	Overige agrarisch emissies	Atmosferische depositie	Overige (industrie, overstorten, iba' s ea)	Overige emissies	Directe kwel open water	Totaal IN
Goeree-Overflakkee																
Battenoord	917	0,01	0,69	1,34	0	0,32	0,08	2,43	0,22	0,27	0,03	0	0	0,01	0,06	3,01
De Drie Polders	481	0,01	0,72	1,41	0	0,30	0,08	2,50	0,24	0,12	0,02	0	0	0,00	0,07	2,95
Duinen Goeree	1.058	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,15	0,02	0,00	0	0,00	0,00	0	1,17
Het Oudeland en havenkanaal van Ooltgensplaat	763	0,00	0,81	1,24	0	0,27	0,07	2,39	0,10	0,12	0,03	0	0,00	0,01	0,13	2,78
Kilhaven	958	0,05	0,36	0,52	0	1,24	0,01	2,18	0,45	0,21	0,03	0	0	0,01	0	2,87
Nieuwe Stad	263	0,02	0,83	1,27	0	0,35	0,08	2,55	0,01	0,20	0,03	0	0,00	0,01	0,03	2,82
Spuipolder en havenkanaal van Middelharnis	43	0	0,07	0,02	0	0,00	0,00	0,10	0,07	2,09	0,01	0	0,00	0,02	0,19	2,49
Voorne-Putten																
Buitengebied Putten-Oost	326	0,00	0,68	0,97	0	0,87	0,33	2,86	0,03	1,13	0,02	0	0,03	0,04	0,19	4,30
Leenheerenpolder	127	0,00	1,12	1,49	0	2,05	0,82	5,48	0	0,01	0,00	0	0,00	0,05	0,01	5,56
Oostvoornse Meer	646	0,01	0,00	0,02	0	0,00	0,00	0,03	2,01	0,01	0,03	0	0,00	0,01	0	2,09
Polder Beningerwaard	59	0,00	1,27	3,80	0	0,59	0,07	5,72	0,14	0,00	0,00	0	0,00	0,05	0	5,93
Polder Zuidoord	67	0,01	1,37	3,30	0	0,41	0,05	5,13	0,00	0,01	0,00	0	0,00	0,05	0	5,20
Voorne Oost-Zuid	704	0,01	0,99	2,40	0	0,84	0,30	4,54	0,02	0,07	0,07	0	0,00	0,01	0,08	4,79
Hoeksche Waard																
Brienswaard op Tiengemeten	271	0	0,01	0,00	0	0,00	0,00	0,02	4,07	0,00	0,01	0	0,00	0,00	0	4,10
Gecombineerde Middenpolder op Tiengemeten	396	0	0,02	0,03	0	0,01	0,00	0,06	1,82	0,25	0,01	0	0,00	0,00	0	2,14
Havenkanaal Numansdorp, Torenstee Polder, Molen Polder	408	0,00	0,99	2,14	0	1,18	0,43	4,73	0,10	0,11	0,03	0	0,00	0,00	0,11	5,09
Hogezandsepolder	642	0	1,40	1,58	0	1,73	0,65	5,36	0,13	0,00	0,02	0	0,00	0,00	0,02	5,53
Kuipersveer	759	0,00	1,19	1,15	0	0,93	0,36	3,64	0,06	0,58	0,07	0	0,05	0,01	0,05	4,45
Oude Haven Heinenoord, Oud Heinenoord	349	0,00	1,19	1,29	0	1,30	0,50	4,28	0,02	0,25	0,12	0	0,01	0,01	0,09	4,77
Oude Polder op Tiengemeten	49	0,00	0,21	0,56	0	0,19	0,05	1,02	2,09	0,00	0,01	0	0,00	0,01	0	3,13
Raepschille	315	0,00	1,35	0,79	0	2,25	0,90	5,30	0,14	0,01	0,02	0	0,00	0,00	0,02	5,49
Westerse Polder	264	0,00	0,44	2,09	0	0,29	0,13	2,96	0,03	0,87	0,08	0	0,00	0,00	0,13	4,07

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

Wageningen Environmental Research
Rapport 2995
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, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten 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 317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Rapport 2995
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, 6.500 medewerkers (5.000 fte) en 12.500 studenten 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.

