



Herkomst nutriënten Waterschap Drents Overijsselse Delta

Analyse van de herkomst van nutriënten in het oppervlaktewater, KRW-reductie opgave en maatregelen om de belasting te verminderen

Erwin van Boekel, Leo Renaud en Peter Schipper



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Herkomst nutriënten Waterschap Drents Overijsselse Delta

Analyse van de herkomst van nutriënten in het oppervlaktewater, KRW-reductie opgave en maatregelen om de belasting te verminderen

Erwin van Boekel, Leo Renaud en Peter Schipper

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

Wageningen Environmental Research
Wageningen, april 2020

Gereviewd door:

Ir. P. Groenendijk, senior onderzoeker Wageningen Environmental Research

Akkoord voor publicatie:

G.J. Reinds, teamleider Duurzaam Bodemgebruik WENR

Rapport 2996
ISSN 1566-7197

E.M.P.M. van Boekel, P.N.M. Schipper, en L.V. Renaud, 2020. *Herkomst nutriënten Waterschap Drents Overijsselse Delta; Analyse van de herkomst van nutriënten in het oppervlaktewater, KRW-reductie opgave en maatregelen om de belasting te verminderen*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2996. 110 blz.; 25 fig.; 51 tab.; 40 ref.

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) schrijft voor dat het oppervlaktewater in 2027 voldoende schoon en ecologisch gezond is. De waterschappen maken hiervoor stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP's) waarin ze beschrijven welke maatregelen ze nemen om deze waterkwaliteitsdoelen te behalen. Inmiddels bereiden de waterschappen zich voor op de besluitvorming voor SGBP3 (2022-2027). Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD) wil in dit kader beter inzicht krijgen in de nutriëntenbelasting en de herkomst van de nutriënten in hun wateren. Vanuit dit inzicht wil het waterschap weten hoe de belasting met maatregelen effectief kan worden teruggedrongen.

In dit onderzoek is de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2010-2017 gekwantificeerd voor de waterlichamen Drentse Kanalen, Meppelderdiep, Wold Aa, Reest, Oude Vaart, Oude Diep, Raalterwetering en Nieuwe Wetering (Boven- en Benedenloop). Voor deze waterlichamen zijn de vanggebieden (afwateringsgebieden) geografisch bepaald en is in nauwe samenwerking met de hydrologen van het waterschap de stromings- en afwateringsrichting in de zomer en winter bepaald. Met deze informatie is de bronnenanalyse uitgevoerd met de methode ECHO. Hiermee zijn de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, de herkomst daarvan en de retentie van de nutriënten in het oppervlaktewater gekwantificeerd. De belangrijkste bronnen zijn uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden, RWZI's en inlaat. De verhoudingen hiervan verschillen sterk per deelstroomgebied. In de zomer wordt water ingelaten, hetgeen invloed heeft op zowel de stromingsrichting (tegenstelde richting als in het winterhalfjaar) als de nutriëntenbelasting (vracht en herkomst). Vanuit deze inzichten is berekend wat het effect is van twee typen emissie-reducerende maatregelen op de nutriëntenbelasting: verbetering van rioolwaterzuiveringen (RWZI's) (schoner effluent) en maatregelen die passen in het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer.

Trefwoorden: Kaderrichtlijn Water, oppervlaktewater kwaliteit, nutriënten belasting, stikstof, fosfor, uitspoeling, afspoeling, waterbalans, nutriëntenbalans, retentie, actuele en historische mestgiften, lozingen RWZI's, agrarisch waterbeheer, bodemoverschot, KringloopWijzer, regelbare drainage

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/521210> 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 2996 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: KRW-meetpunt van de Raalterwetering (Wilfred Wiegman, Waterschap Drents Overijsselse Delta)

Inhoud

	Verantwoording	5
	Woord vooraf	7
	Samenvatting	9
	Lijst met definities	13
1	Inleiding	15
	1.1 Achtergrond en probleemstelling	15
	1.2 Doelstelling van het project	16
	1.3 Fasering onderzoek	16
	1.4 Leeswijzer	16
2	Werkwijze	17
	2.1 Aanpak op hoofdlijnen	17
	2.2 Gebiedsanalyse	18
	2.3 Inlaatwater, afwenteling en modelschematisatie	19
	2.4 Opstellen nutriëntenbalansen	20
	2.4.1 Balanstermen	20
	2.4.2 Uit- en afspoeling landbouw- en natuurgronden	20
	2.4.3 RWZI's	22
	2.4.4 Diffuse belasting uit stedelijk gebied	22
	2.4.5 Directe kwel naar oppervlaktewater	22
	2.4.6 Overige bronnen vanuit EmissieRegistratie	23
	2.4.7 Retentie in het oppervlaktewater	23
	2.4.8 Uitgaande vrachten en validatie	24
	2.5 Herkomst analyse	24
	2.6 Afleiden reductieopgave nutriënten	25
	2.7 Effecten maatregelen	27
3	Nutriëntenbelasting	29
	3.1 Analyse studiegebied	29
	3.1.1 Waterbeheer	29
	3.1.2 Landgebruik	31
	3.1.3 Bodemtype	32
	3.1.4 Grondwatertrappen	34
	3.2 Af- en uitspoeling landbouw en natuurgronden	35
	3.2.1 Uit en afspoeling landbouw- en natuurgronden	35
	3.3 Overige punt- en diffuse nutriëntenbronnen	36
	3.3.1 Overige bronnen uit EmissieRegistratie	36
	3.3.2 Rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI)	37
	3.3.3 Diffuse belasting stedelijk gebied	37
	3.3.4 Directe kwel oppervlaktewater	39
	3.4 Inlaat en afwenteling	40
	3.5 Stikstof- en fosforbalans	44
	3.5.1 Nutriëntenbelasting zomerperiode	44
	3.5.2 Nutriëntenbelasting winterperiode	46
	3.5.3 Retentie	48
	3.5.4 Uitgaande nutriëntenvracht	49

4	Validatie water en nutriëntenbalansen	51
4.1	Inleiding	51
4.2	Plausibiliteit waterbalans	51
4.3	Plausibiliteit stoffenbalans (stofvrachten)	54
5	Resultaten herkomstanalyse	59
5.1	Bronnen van af- en uitspoeling landelijk gebied	59
5.2	Herkomst inlaatwater en afwenteling	60
5.3	Herkomst stikstof- en fosforbelasting oppervlaktewater	62
5.4	Uitsplitsing herkomst Drentse Kanalen	65
5.5	Discussie	67
6	Reductieopgave en toedeling	69
6.1	Overschrijding KRW-doelen nutriënten	69
6.2	Afleiden reductieopgave	70
6.3	Toedeling reductieopgaven aan sectoren	71
7	Effectiviteit maatregelen	73
7.1	Algemene beschouwing over maatregelen	73
7.2	Effecten huidig mestbeleid	74
7.3	Effecten verbetering zuiveringsrendement RWZI's	75
7.4	DAW-maatregelen	76
7.4.1	Onderwaterdrainage	76
7.4.2	Bodemverbetering	78
7.4.3	Precisiebemesting	78
7.4.4	KringloopWijzer-plus	79
7.5	Effecten van DAW-maatregelen	79
7.6	Effecten maatregelen op de nutriëntenbelasting	81
8	Conclusies en aanbevelingen	83
8.1	Conclusies	83
8.2	Aanbevelingen	85
	Literatuur	86
	Bijlage 1 Herschikkingsprocedure	88
	Bijlage 2 EmissieRegistratie	98
	Bijlage 3 Betrouwbaarheid bronnen in de EmissieRegistratie	99
	Bijlage 4 Herkomst nutriënten	100
	Bijlage 5 Retentie	104

Verantwoording

Rapport: 2996

Projectnummer: 5200044801

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: 31-3-2020

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Gert Jan Reinds

datum: 20-4-2020

Woord vooraf

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) schrijft voor dat het oppervlaktewater in 2027 voldoende schoon en ecologisch gezond is. De waterschappen maken hiervoor stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP's) waarin ze beschrijven welke maatregelen ze nemen om deze waterkwaliteitsdoelen te behalen. Inmiddels bereiden de waterschappen zich voor op de besluitvorming voor SGBP3 (2022-2027). Het waterschap Drentse Overijsselse Delta (WDOD) wil in dit kader beter inzicht krijgen in de nutriëntenbelasting en de herkomst van de nutriënten in hun wateren. Vanuit dit inzicht wil het waterschap weten hoe de belasting met maatregelen effectief kan worden teruggedrongen.

De resultaten van de bronnenanalyse kunnen worden benut in ecologische watersysteemanalyses en in de Nationale analyse van de Delta-aanpak Waterkwaliteit, die in opdracht van ministerie I&W in 2018-2020 wordt uitgevoerd.

Bij de uitvoering van het onderzoek is gebruikgemaakt van gegevens, modellen en methodes die in lijn zijn met eerdere studies, zoals regionale bronnenanalyses nutriënten (bronnenanalyse nutriënten stroomgebied Maas (Schipper et al., 2019), Achtergrondconcentraties Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (Van Boekel et al., 2015), Nutriëntenbelasting Krimpenerwaard (Schipper et al., 2016), Bronnenanalyse Wetterskip Fryslân (Van Boekel et al., 2016), Herkomst nutriënten Alblasserwaard & Vijfheerenlanden (Van Boekel et al., 2018) en de landelijke studie Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren (Groenendijk et al., 2016).

Het onderzoek is begeleid door Arjan Verhoeff, Guus van der Berg, Wilfred Wiegman en Sander Verheijen van WDOD. Zij hebben een actieve rol vervuld door inbreng van hun expert- en gebiedskennis over de werking van het watersysteem, de grenzen van de catchments, ligging van monitoringslocaties die representatief zijn voor de kwaliteit en debieten op belangrijke uitwisselpunten van watersystemen. Ook hebben zij nauwgezet meegekeken naar de opgezette balansen en voor diverse gebieden verbeteringen aangedragen ten aanzien van de afwenteling van effluentwater van RWZI's en waterinlaat.

De auteurs bedanken de betrokken hydrologen van het waterschap. Hun inbreng heeft de betrouwbaarheid van de resultaten vergroot.

Wageningen, maart 2019

De auteurs

Samenvatting

Aanleiding en doel

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) schrijft voor dat het oppervlaktewater in 2027 voldoende schoon en ecologisch gezond is. De waterschappen maken hiervoor stroomgebiedsbeheerplannen (SGBP's) waarin ze beschrijven welke maatregelen ze nemen om deze waterkwaliteitsdoelen te behalen. Inmiddels bereiden de waterschappen zich voor op de besluitvorming voor SGBP3 (2022-2027). Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD) wil in dit kader beter inzicht krijgen in de nutriëntenbelasting en de herkomst van de nutriënten in hun wateren waar ook de lozing van rwzi-effluent een rol speelt. Vanuit dit inzicht wil het waterschap weten hoe de belasting met maatregelen effectief kan worden teruggedrongen.

Methode

In dit onderzoek is de herkomst van de nutriënten met de methode KRW-ECHO gekwantificeerd voor de periode 2000-2017 voor een noordelijk gebied dat afwatert op het Meppelerdiep en een zuidelijk gebied dat afwatert op de Soestwetering. In die methode wordt eerst het oppervlaktewatersysteem geschematiseerd in vanggebieden (catchments), met daarbij de routing (af- en aanvoer tussen de catchments) en de beschikbare in- en uitstroommeetpunten. Voor ieder vanggebied worden de punt- en diffuse bronnen vanuit EmissieRegistratie (ER) gekwantificeerd. In samenwerking met de hydrologen van het waterschap wordt per vanggebied nagegaan hoeveel water wordt ingelaten, afgewaterd en uitgemalen, welke meetpunten voor kwantificering hiervan beschikbaar zijn, waar RWZI's via afwenteling invloed hebben en welke additionele informatiebronnen naast ER gebruikt kunnen worden.

De af- en uitspoeling van stikstof, ammonium en fosfor uit landbouw en natuurgronden wordt regiospecifiek berekend met SWAP-ANIMO-rekenplots. Hierbij wordt voor ieder grid van 25 meter in een script uitgezocht welk rekenplot van het landelijke modelinstrumentarium STONE het representatiefst is volgens de criteria landgebruik (LGN7), bodemtype, grondwatertrap en meteodistrict. Vanuit de SWAP-ANIMO-rekenplots wordt voor de af- en uitspoeling van stikstof en fosfor het aandeel bepaald van de achterliggende bronnen: bemesting, kwel, depositie, nalevering en infiltratie lokaal oppervlaktewater (voor ammonium is dit op basis van de huidige kennis en informatie niet mogelijk).

Per vanggebied wordt de retentie van N en P berekend met een onderscheid in punt- en diffuse bronnen en inlaatwater. Dit complementeert de stoffenbalans. De water- en nutriëntenbalans is gevalideerd aan de uit metingen berekende vrachten op uitwisselpunten en door controle van de water- en stoffenbalansen door de regionale waterbeheerders.

Behalve de nutriëntenbelasting, de herkomst en de retentie van de nutriënten in het oppervlaktewater zijn ook effecten van maatregelen voor RWZI's en landbouw berekend. Door gemeten concentraties met de KRW-doelen van stikstof en fosfor te vergelijken en dit te combineren met berekende stoffenbalans zijn reductieopgaven berekend. Deze opgave zijn toebedeeld aan de partijen. Nagegaan is in welke mate met maatregelen aan de opgaven kan worden voldaan.

Watersysteem

Het watersysteem in de beschouwde gebieden verschilt sterk tussen de zomerperiode en winterperiode. In de winterperiode wordt geen water aangevoerd, maar wordt in het noordelijke gebied al het water afgevoerd naar het Meppelerdiep. In het zuidelijke deel wordt het water vooral afgevoerd via de koppelleiding naar de Soestwetering.

In de zomerperiode wordt in het noordelijke gebied water aangevoerd vanuit het Meppelerdiep naar de verschillende kanalen (o.a. Drentsche Hoofdvaart, Beilervvaart, Hoogeveensche Vaart) en vandaar uit naar de waterlichamen Oude Vaart, Oude Diep, Reest en Wold Aa. Ook wordt water aangevoerd vanuit het beheergebied van waterschap Vechtstromen. In het zuidelijke studiegebied wordt water ingelaten vanuit het Overijssels kanaal en vanuit de Soestwetering.

Herkomst stikstof en fosfor in de zomerperiode

In de zomerperiode zijn de belangrijkste bronnen externe aanvoer van inlaatwater (via de IJssel, randmeren en beheergebied Vechtstromen), af- en uitspoeling uit landbouwgronden en RWZI's. De RWZI's hebben vooral invloed op de belasting in de Drentse Kanalen, Nieuwe Wetering Benedenloop en Raalterwetering.

Voor stikstof varieert het aandeel van de externe belasting tussen de 13 en 46%, de af- en uitspoeling tussen de 20 en 50% en de RWZI's in de genoemde wateren tussen de 20 en 32%. De af- en uitspoeling van stikstof wordt vooral bepaald door actuele bemesting.

Voor fosfor varieert het aandeel van de externe belasting tussen de 8 en 47%, de af- en uitspoeling tussen de 20 en 54% en de RWZI's tussen de 34 en 39%. De af- en uitspoeling van fosfor wordt vooral bepaald door nalevering en, zij het in iets mindere mate, door historische bemesting. Via afwenteling hebben de RWZI's ook een substantiële invloed (10%) op de fosforbelasting in het Oude Diep en de Oude Vaart. In enkele gebieden (Nieuwe Wetering Bovenloop, Ramelerleiding, Kolkwetering) is voor fosfor ook erfafspoeling in de zomer een belangrijke bron.

Herkomst stikstof en fosfor in de winterperiode

In de winterperiode speelt externe inlaat geen rol. Af- en uitspoeling en RWZI's zijn dan de belangrijkste bronnen. Voor stikstof levert de af- en uitspoeling een dominante bijdrage (69-94%). Deze af- en uitspoeling komt vooral door actuele bemesting (46-67%), maar ook nalevering uit landbouwgronden (6-17%) en af- en uitspoeling uit natuurgronden (6-22%) leveren een belangrijke bijdrage. In de winter dragen de RWZI's minder bij aan de stikstofbelasting dan in de zomer (Drentse Kanalen 12%, Nieuwe Wetering Benedenloop 8%, Raalterwetering 22%). Omdat de stromingsrichting in de winter anders is dan in de zomer, hebben de RWZI's in de winter ook invloed op de stikstofbelasting in het Meppelerdiep (bijdrage 7%).

Ook voor fosfor komt de belasting in de winter vooral door af- en uitspoeling (56-90%). Uitspoeling door nalevering levert dan de grootste bijdrage aan de fosforbelasting (28-60%), maar ook levert uitspoeling door historische bemesting (8-24%), actuele bemesting (3-15%) en natuurgronden (5-21%) een belangrijke bijdrage aan de fosforbelasting in het winterhalfjaar. In het winterhalfjaar is het aandeel van de RWZI's in de fosforbelasting nog steeds belangrijk (Drentse Kanalen 23%, Nieuwe Wetering Benedenloop 10%, Raalterwetering 30% en Meppelerdiep 14%).

Herkomst ammonium

Het is niet mogelijk om een complete balans en reductieopgave op te stellen, omdat voor diverse bronnen de benodigde informatie ontbreekt. De belasting van het oppervlaktewater met ammonium voor de bronnen RWZI's, waterinlaat, uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden en directe kwel naar het oppervlaktewater is wel bekend. Wanneer de ammoniumbelasting van het oppervlaktewater door de RWZI's en de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden met elkaar worden vergeleken blijkt dat voor de vanggebieden Drentse Kanalen en Nieuwe Wetering Benedenloop de belasting van ammonium dezelfde orde van grootte hebben, voor het vanggebied Raalterwetering is de ammoniumbelasting van het oppervlaktewater door de RWZI significant hoger dan ammoniumbelasting van het oppervlaktewater door de uit- en afspoeling uit landbouwgronden. De bijdrage van inlaat/afwenteling aan de ammoniumbelasting van het oppervlaktewater is voor een aantal vanggebieden ook groot, dit geldt met name voor de vanggebieden Nieuwe Wetering Benedenloop, Oude Diep en Reest.

Plausibiliteit

De plausibiliteit van de bronnenanalyse is onderzocht door de berekende water- en nutriëntenbalans te vergelijken in vanggebieden waar de debieten en nutriëntenvrachten uit metingen kunnen worden afgeleid. Uit de vergelijking kan geconcludeerd worden dat de bronnenanalyse voldoende plausibel is om de herkomst en effecten van maatregelen uit af te leiden.

Wel moet hierbij bedacht worden dat de monitoring van de debieten en concentraties op de uitwisselpunten vrij grote onzekerheden geeft voor de op te stellen balansen en dat mede hierdoor de hoeveelheden waterinlaat in diverse vanggebieden moeilijk door de hydrologen van het waterschap zijn in te schatten. Daarnaast kan de stromingsrichting, met name binnen het zomerhalfjaar in het vanggebied Drentse Kanalen, geregeld omdraaien afhankelijk van de weersomstandigheden.

Reductieopgave stikstof en fosfor

De reductieopgaven zijn berekend op basis van de gemeten overschrijdingen van de KRW-doelen voor stikstof en fosfor in het zomerhalfjaar (concentraties) en de berekende belasting. Voor stikstof is zo een reductieopgave berekend voor het Meppelerdiep (0,5 kg N/ha) en Raalterwetering (1,6 kg N/ha), voor fosfor voor de Drentse Kanalen (0,21kg P/ha), Meppelerdiep (0,18 kg P/ha), Raalterwetering (0,28 kg P/ha) en Wold Aa (0,04 kg P/ha). Deze opgaven zijn toebedeeld aan landbouw, waterschap, industrie en gemeenten. In het Meppelerdiep en Wold Aa ligt de reductieopgave bij deze toedeling voornamelijk bij landbouw, in de Raalterwetering en Drentse kanalen voor het merendeel bij het waterschap.

Effecten maatregelen en realisatie reductieopgave

Verbetering zuiveringsrendement RWZI's

In tegenstelling tot voor stikstof doet zich met ijzerchloride dosering op RWZI's een concreet handelingsperspectief voor fosfor voor. Daarom zijn de effecten van deze maatregel op de waterkwaliteitsopgave voor fosfor berekend. Met deze maatregel is een duidelijke afname van de fosforbelasting in de Drentse Kanalen, Nieuwe Wetering Benedenloop en Raalterwetering duidelijk zichtbaar.

Met maximale ijzerdosering wordt in de Drentse Kanalen de totale reductieopgave ruimschoots ingevuld. Echter, binnen het kanalsysteem verschilt het doelbereik sterk per deeltraject. In bepaalde delen kan het doel – mede vanwege verschillen in normwaarden – niet alleen met ijzerdosering worden behaald. In de Raalterwetering wordt hiermee de reductieopgave toebedeeld aan het waterschap voor $\frac{2}{3}$ ingevuld. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het effect van maatregelen die de laatste jaren aan de RWZI Raalte zijn getroffen, nog niet volledig in de restopgave is verdisconteerd.

Huidig mestbeleid (conform 5^e NAP) en DAW-maatregelen

Naast een verbetering van het zuiveringsrendement voor RWZI's is een scenario berekend voor de af- en uitspoeling uit landbouwgronden die optreedt aan het einde van de KRW-planperiode, uitgaande van het mestbeleid van het 5^e NAP en is een scenario berekend waarin diverse DAW-maatregelen op grote schaal worden genomen.

Met het huidige mestbeleid (conform 5^e NAP) wordt een daling van de huidige stikstofuitspoeling berekend van circa 10%, voor het scenario met diverse DAW-maatregelen is geschat dat de uit- en afspoeling van stikstof met 13% daalt. Met de landbouwscenario's tezamen wordt de opgave voor de landbouw voor de vermindering van stikstofuitspoeling voor het Meppelerdiep en Raalterwetering voor een groot deel ingevuld (respectievelijk 93% en 82%).

De fosforbelasting van het oppervlaktewater neemt met het huidige mestbeleid af met circa 8% en voor het scenario met diverse DAW-maatregelen daalt de uit- en afspoeling van fosfor met 5%. Met de landbouwscenario's tezamen wordt de opgave voor de landbouw voor de vermindering van fosforuitspoeling voor het Meppelerdiep en Raalterwetering voor een kwart (25% en 24%) ingevuld en in de Drentse Kanalen en Wold Aa voor iets meer dan de helft (53% en 52%).

Aanbevelingen

Voor de onderbouwing van maatregelen wordt aanbevolen om met gerichte monitoring meer inzicht te verwerven in de water- en stofbalansen. Aanbevolen wordt om hierbij rekening te houden met een opsplitsing van de kanalen en vaarten die in de onderhavige studie deel uitmaken van de Drentse Kanalen.

Een verdergaande P-verwijdering in RWZI's levert een belangrijke bijdrage aan de opgave om P-concentraties te verlagen. Het verdient aanbeveling om na te gaan in hoeverre ook een verdere verwijdering van stikstof leidt tot de gewenste reductieopgave.

De doorgerekende DAW-maatregelen kunnen een belangrijke bijdrage leveren om aan de reductieopgave voor landbouw te voldoen. Vooral bodemverbeterende maatregelen en efficiënter mineralenmanagement in melkveehouderij sorteren effect bij de vermindering van de stikstofuitspoeling. Daarnaast draagt onderwaterdrainage bij aan de vermindering van de fosforuitspoeling te verminderen. Voor het stimuleren van deze maatregelen 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. Hiermee kan de berekening van afspoeling gebiedsspecifiek worden afgestemd op de actuele veldsituatie, waardoor hotspots voor P-afspoeling beter zijn aan te wijzen en effecten van maatregelen die daarop ingrijpen, beter kunnen worden ingeschat.

Om stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater substantieel verder te verlagen, kan het effectief zijn om routemaatregelen te nemen op en aan de rand van het perceel en end-of-pipe maatregelen in het oppervlaktewater. Voorbeeld van een routemaatregel is de vergroening van de slootranden (kruidenrijke akkerranden, bufferstroken), hetgeen ook bijdraagt aan biodiversiteit, maar ook end-of-pipe maatregel door de sloten op diepte te houden en slotmaaisel te verwijderen. De potentie hiervan kan ingeschat worden met een tool die recentelijk door de WUR is ontwikkeld.

Lijst met definities

Bronnen	In deze studie: oorzaken van het vrijkomen van stikstof en fosfor die in het oppervlaktewater 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.
Reductieopgave	De reductieopgave is de mate waarin de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater verminderd moet worden om het concentraties in het oppervlaktewaterlichaam passend bij de ecologische toestand 'goed' te kunnen bereiken. 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 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.
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.
Vanggebied	Het beïnvloedingsgebied dat afwatert op een bepaald oppervlaktewaterlichaam. Grenzen tussen beïnvloedingsgebieden zijn op te vatten als waterscheidingen. Vanggebieden worden ook wel aangeduid als catchment en afwateringsgebied.
Ecologische doelen	De KRW eist dat Nederland ecologische doelstellingen formuleert. In Nederland zijn 42 verschillende 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 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.
Doelgat	Het verschil tussen de huidige ecologische toestand van het oppervlaktewater en de toestand 'goed'. In deze studie is dit verder toegespitst op de mate van overschrijding van stikstof- en fosforconcentraties in de regionale waterlichamen.
Huidig mestbeleid	Het stelsel van gebruiksnormen en gebruiksvorschriften voor bemesting zoals dat van kracht is voor landbouwbedrijven conform het 5 ^e NAP.

	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.
	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, de 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	Uit- en afspoeling 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 geïnfiltreerd.

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 kennisinstellingen samen om de waterkwaliteit te verbeteren en de doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in 2027 te bereiken. Zorgpunten voor het bereiken van de KRW-doelen zijn de hoge nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit landelijk gebied³, belasting vanuit RWZI's en inlaat van rivierwater. In de stroomgebiedbeheerplannen (SGBP's) voor de periode 2022-2027 moet Nederland de definitieve keuzes maken over de doelen van de waterlichamen en in te zetten maatregelen.

Het Waterschap Drents Overijsselse Delta (verder afgekort als WDOD) wil ter voorbereiding op de besluitvorming voor SGBP3 beter inzicht krijgen in de werking van zijn watersystemen en, op basis daarvan, inzicht in de (on)mogelijkheden om de ecologische toestand te verbeteren. De oppervlaktewateren in het beheergebied van WDOD zijn met betrekking tot nutriënten (stikstof/fosfor) relatief schoon, o.a. door schoon kwelwater en toestroom van IJssel(meer)water. Desalniettemin is er toch een aantal waterlichamen waar de P-concentratie en/of vracht (belasting) in het oppervlaktewater kritisch is voor het realiseren van de KRW-doelen. Dit geldt met name voor een aantal noordelijke waterlichamen; in het zuidelijke deel van het gebied zijn voor het realiseren van de KRW-doelen in een aantal waterlichamen juist de stikstofconcentraties kritisch. In deze studie ligt de focus op de waterlichamen waar nutriëntnormen worden overschreden en waar naast landbouw en waterinlaat ook RWZI's een belangrijke rol in de nutriëntenbelasting lijken te spelen (Fennema et al., 2017). In deze studie wordt het behalen van de nutriëntnormen (GEP per waterlichaam) als KRW-opgave gehanteerd.

Net als in overige delen van Nederland wordt de ammoniumconcentratie op diverse meetpunten overschreden. Het is de wens van het waterschap om ook ammonium in de bronnenanalyse mee te nemen om de invloed van RWZI's ten opzichte van landbouw te duiden.

De hoofdvraag van het waterschap luidt als volgt: Welke aanvullende maatregelen zijn nodig om de kwaliteitsdoelen voor nutriënten en ammonium te realiseren in het kader van de Kaderrichtlijn Water?

Voor het beantwoorden van deze hoofdvraag heeft het waterschap overleg gevoerd met Wageningen Environmental Research (WENR). In deze bespreking zijn door het waterschap de achtergrond en aanleiding van het onderzoek nader toegelicht en is een aantal deelvragen/wensen besproken. Op basis van dit overleg heeft WENR een plan van aanpak voor het onderhavige onderzoek opgesteld.

¹ Adviescommissie water, advies waterkwaliteit 9 mei 2016.

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

³ Gaalen, F. van et al. (2015), Waterkwaliteit nu en in de toekomst. Eindrapportage ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, Den Haag: PBL.

1.2 Doelstelling van het project

Het doel van het project is om voor een aantal geselecteerde waterlichamen de ammonium-, stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater te kwantificeren en daarbij de herkomst zodanig te ontrafelen dat onderscheid gemaakt kan worden tussen antropogene en (semi)natuurlijke bronnen en de beïnvloedbaarheid van die bronnen.

Het doel is tevens om inzicht te krijgen in hoe de belasting afneemt door het huidige mestbeleid (conform 5^e NAP) en welke maatregelen verder nodig zijn voor het realiseren van de waterkwaliteitsdoelen in de wateren waar de KRW-doelen voor nutriënten worden overschreden en antropogene bronnen een belangrijk deel van de belasting vormen.

1.3 Fasering onderzoek

Het onderzoek is gefaseerd uitgevoerd. In een eerste fase zijn de bronnen van de nutriëntenbelasting (ammonium, stikstof, fosfor) van het oppervlaktewater gekwantificeerd voor de geselecteerde (KRW)waterlichamen. Voor de vanggebieden van die waterlichamen zijn op jaarbasis zomer- en winterperiode-nutriëntenbalansen opgesteld voor de periode 2010-2017, met onderscheid in herkomst.

In de volgende fase is per gebied een reductieopgave afgeleid. Dit is de vermindering van de nutriëntenbelasting die nodig is om de KWR-doelen voor stikstof en fosfor te kunnen halen. Op basis van de herkomst is deze reductieopgave verdeeld over de sectoren die in het gebied de nutriënten in het watersysteem brengen. Tevens is in die fase berekend hoe de nutriëntenbelasting afneemt volgens het huidig mestbeleid (conform het 5^e NAP) aan het einde van de KRW-planperiode, en hoe de nutriëntenbelasting afneemt bij een scenario voor RWZI's met een hogere zuiveringsrendement en bij een maximaal veronderstelde implementatie van diverse Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW-) maatregelen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de methode van de bronnenanalyse en de wijze waarop de herkomst van nutriënten van de verschillende bronnen is bepaald. Ook is beschreven hoe de opgave voor de vermindering van de nutriëntenbelasting is afgeleid en wat de effecten van maatregelen is op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. De resultaten van de berekende nutriëntenbelasting en de plausibiliteit van de berekeningen staan beschreven in hoofdstuk 3. De berekende herkomst van de nutriënten in het oppervlaktewater staat beschreven in hoofdstuk 4, in hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op de toedeling van de nutriëntenopgave en de effecten van maatregelen (huidig mestbeleid (conform 5^e NAP), aanpak RWZI's en DAW-maatregelen) in hoofdstuk 6. De conclusies, discussie en aanbevelingen zijn ten slotte opgenomen in hoofdstuk 7.

2 Werkwijze

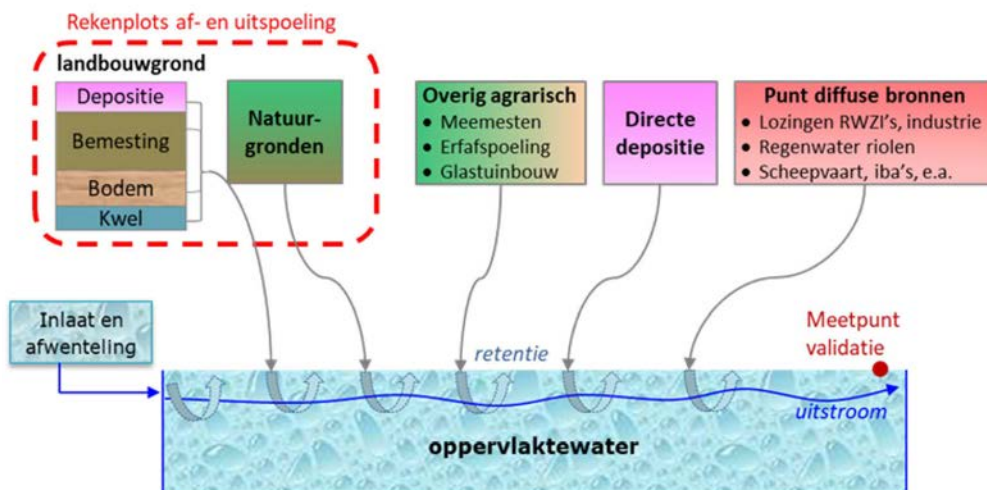
2.1 Aanpak op hoofdlijnen

Voor het beantwoorden van de hoofdvraag en bijbehorende kennisvragen is een gefaseerde aanpak uitgewerkt waarbij gebruikgemaakt wordt van de ECHO-methodiek die bestaat uit verschillende 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 vanggebieden van oppervlaktewaterlichamen (zie schema onderin) waarin transparant inzicht wordt gegeven in:
 - Uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurgronden;
 - 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 het STONE-model met regionale informatie te herschikken.
 - b) SWAP-ANIMO-berekeningen: 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 uit de bodem van landbouwgronden, uit- en afspoeling natuurgronden).
5. Effecten maatregelen
 - a) Kwantificeren van de effecten van voorgenomen beleid (huidig mestbeleid conform 5^e NAP, 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 Tabel 2.1 zijn de onderzoeksvragen gekoppeld aan de onderdelen uit de ECHO-systematiek.

Tabel 2.1 *Overzicht onderzoeksvragen, gekoppeld aan onderdelen uit de ECHO-systematiek.*

Onderzoeksvraag	Onderdeel ECHO-methodiek
1. Bijdragen bronnen aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater	Onderdeel 1 en onderdeel 2a
2. Herkomst van nutriënten in het oppervlaktewater	Onderdeel 4
3. Vergelijking met onderzoek TAUW	n.v.t.
4. Onzekerheden en bandbreedte van de nutriëntenbalansen	Onderdeel 3a
5. Rol van de waterbodem	n.v.t.
6. Effect voorgenomen beleid	Onderdeel 5a
7. Vaststellen opgave reductie nutriëntenbelasting	n.v.t.
8. Effecten van aanvullende maatregelen	Onderdeel 5b

NB De vragen die niet zijn gekoppeld aan de ECHO-methodiek (n.v.t. ingevuld) worden op andere wijze beantwoord.

Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen zijn de volgende stappen uitgevoerd:

- Gebiedsanalyse;
- Inventarisatie inlaat, afwenteling, modelschematisatie oppervlaktewater;
- Afleiden af- en uitspoeling landbouw- en natuurgronden;
- Opstellen, analyse en validatie nutriëntenbalansen;
- Herkomstanalyse;
- Afleiden doelgat en toedelen KRW-opgave nutriënten aan sectoren;
- Effecten huidig mestbeleid conform 5^e NAP) en maatregelen landbouw en RWZI's.

In overleg met het waterschap zijn de onderdelen 2b (opzetten nieuwe SWAP-ANIMO-rekenplots) en 3b (gevoeligheidsanalyse ter bepaling bandbreedtes onzekerheden) niet meegenomen. Op basis van eerder uitgevoerde onzekerheidsanalyses zijn wel globaal de bandbreedtes van onzekerheden geschat.

Behalve stikstof en fosfor is de ook belasting van het oppervlaktewater met ammonium (NH₄) voor het waterkwaliteitsbeheer van belang. Omdat deze informatie niet aan de ER kan worden ontleend is in dit onderzoek de ammoniumbelasting voor de belangrijkste bronnen gekwantificeerd. Dit betreft de uit- en afspoeling van ammonium uit landbouw- en natuurgronden, directe kwel naar het oppervlaktewater en het effluent van de RWZI's. In de volgende paragrafen wordt de onderzoeksmethode nader toegelicht.

2.2 Gebiedsanalyse

In overleg met het waterschap zijn de volgende waterlichamen geselecteerd: Drentse Kanalen, Meppelerdiep, Wold Aa, Reest, Oude Vaart, Oude Diep, Raalterwetering en Nieuwe Wetering. De begrenzing van de vanggebieden van deze waterlichamen is in nauw overleg met het waterschap vastgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de uitwisselpunten (inlaat- en uitlaatpunten) tussen de verschillende deelgebieden om afwenteling tussen de vanggebieden in beeld te brengen. Een overzicht van de gebruikte informatie is in Tabel 2.2 weergegeven.

Tabel 2.2 *Overzicht van de gebruikte data en bijbehorende informatiebronnen.*

Benodigde data	Informatiebronnen
Begrenzing van de vanggebieden	GIS-bestand van het waterschap
Locatie van de inlaat- en uitlaatpunten	
Locaties van de RWZI's	
Dagcijfers (m ³ /dag) van de inlaat- en uitlaatdebieten	Meetgegevens van en schattingen door het waterschap
Concentratie metingen (mg/L) nabij de inlaat- en uitlaatpunten	
Effluentgegevens van de RWZI's	
N- en P-belasting uit punt- en diffuse bronnen (gram/jaar)	Emissieregistratie (versie 2013)
N- en P-concentraties (mg/L) in kwelwater	Default waarden in STONE 2.4
Grondsoorten- en grondwatertrappenkaart	1: 50.000-bodemkaart
Landgebruikskaart	LGN7
Areaal open water (ha)	

2.3 Inlaatwater, afwenteling en modelschematisatie

Voor het afleiden van de hoeveelheid water dat wordt ingelaten en/of wordt aangevoerd vanuit andere vanggebieden (afwenteling) is een goede kennis van het watersysteem noodzakelijk. Op basis van gesprekken met het waterschap en beschikbare data is de wateraanvoer- en waterafvoersituatie in het zomerhalfjaar en winterhalfjaar geschetst. In Tabel 2.3 is per vanggebied een overzicht gegeven wat de herkomst is van het inlaatwater voor het zomerhalfjaar (april t/m september) en winterhalfjaar (oktober t/m maart). De inlaat en afwenteling vormen qua routing de basis waarop het oppervlaktewatersysteem in ECHO voor dit onderzoek is geschematiseerd.

Tabel 2.3 Overzicht van de herkomst van het inlaatwater dat wordt ingelaten en/of wordt aangevoerd vanuit andere vanggebieden (afwenteling) per vanggebied.

Vanggebied	Herkomst inlaatwater in zomerperiode	Winterperiode (afwenteling)
Studiegebied Noord		
Drentse Kanalen	<ul style="list-style-type: none"> • Beheergebied Vechtstromen • Rijkswater (Randmeren) 	<ul style="list-style-type: none"> • Oude Diep
Meppelerdiep	<ul style="list-style-type: none"> • Rijkswater (Randmeren) 	<ul style="list-style-type: none"> • Drentse Kanalen • Oude Vaart • Reest • Wold Aa
Oude Diep	<ul style="list-style-type: none"> • Hoogeveense Vaart (onderdeel Drentse Kanalen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen wateraanvoer
Oude vaart	<ul style="list-style-type: none"> • Drentse Kanalen 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen wateraanvoer
Reest	<ul style="list-style-type: none"> • Hoogeveense Vaart (onderdeel Drentse Kanalen) • Beentjesgraven • Beheergebied Vechtstromen 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen wateraanvoer
Wold Aa	<ul style="list-style-type: none"> • Hoogeveense Vaart (onderdeel Drentse Kanalen) • Oude Vaart • Rijkswater (Randmeren) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen wateraanvoer
Studiegebied Zuid		
Nieuwe wetering Benedenloop	<ul style="list-style-type: none"> • Raalterwetering • Kolkwetering • Overijssels kanaal (Zwolle) • Soestwetering Benedenloop 	<ul style="list-style-type: none"> • Kolkwetering
Nieuwe wetering Bovenloop	<ul style="list-style-type: none"> • Raalterwetering • Ramelerleiding • Overijssels kanaal (Deventer) • Soestwetering Benedenloop 	<ul style="list-style-type: none"> • Ramelerleiding
Raalterwetering	<ul style="list-style-type: none"> • Overijssels kanaal (Zwolle) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen wateraanvoer
Ramelerleiding	<ul style="list-style-type: none"> • Overijssels kanaal (Deventer) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen wateraanvoer
Kolkwetering	<ul style="list-style-type: none"> • Overijssels kanaal (Zwolle) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen wateraanvoer

Voor het afleiden van de inkomende vracht zijn – naast de hoeveelheid inlaatwater – ook gegevens van de concentraties van het inlaatwater nodig. In overleg met het waterschap zijn meetlocaties gekozen die het representatiefst zijn voor de kwaliteit van het ingelaten water. De inkomende vracht kan vervolgens berekend worden door de gemeten nutriëntenconcentraties te vermenigvuldigen met de hoeveelheid inlaatwater.

De nutriëntenconcentraties worden over het algemeen tweewekelijks of maandelijks gemeten. Het verloop tussen twee metingen, is bepaald door lineaire interpolatie.

2.4 Opstellen nutriëntenbalansen

2.4.1 Balanstermen

De stikstof- en fosforbalansen voor de vanggebieden zijn opgesteld voor de periode 2011 tot en met 2017 conform de ECHO-methodiek (Kroes et al., 2011). Tabel 2.4 geeft een overzicht van de verschillende posten van de stoffenbalans die worden onderscheiden. Details per balanspost en de hierbij gebruikte informatie volgen in de rest van deze paragraaf.

Tabel 2.4 *Nutriëntenbronnen die in het onderzoek zijn gekwantificeerd. Gearceerd de bronnen die voor kwantificering zijn ontleend aan de EmissieRegistratie (ER).*

Niet-landbouw bronnen	Landbouw bronnen
<ul style="list-style-type: none">• Effluënten RWZI's• Diffuse belasting stedelijk (uitspoeling stedelijk groen, bladval, eendenvoer, hondenpoep)• Af- en uitspoeling natuurgronden• Directe kwel naar oppervlaktewater• Atmosferische depositie (alleen stikstof)• Industriële lozingen• Overstorten• Regenwater riolen	<ul style="list-style-type: none">• Af- en uitspoeling landbouwgronden, uitgesplitst in:<ul style="list-style-type: none">– Actuele bemesting– Historische bemesting– Nalevering bodem– Kwelwater– Eerder in zomer geïnfiltreerd oppervlaktewater
<ul style="list-style-type: none">• Atmosferische depositie (alleen stikstof)• Overige diffuse bronnen IBA's en andere huishoudelijke lozingen (recreatie- en binnenvaart) AVI, verkeer e.a.	<ul style="list-style-type: none">• Overige landbouwbronnen (uit ER)<ul style="list-style-type: none">– Erfafspoeling– Meemesten sloten– Glastuinbouw
Inlaat en toestroom gebiedsvreemd water, uitgesplitst in:	
<ul style="list-style-type: none">• Inlaat rijkswater en water in beheer van waterschap Vechtstromen• Toestroming bovenstrooms vanggebied, deelstroom afkomstig van RWZI's• Toestroming bovenstrooms vanggebied, deelstroom afkomstig van overige bronnen	

2.4.2 Uit- en afspoeling landbouw- en natuurgronden

De uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater vanuit landbouw- en natuurgronden voor landelijke toepassingen (o.a. Evaluatie Meststoffenwet, Evaluatie van de Kaderrichtlijn Water) wordt berekend met het STONE-instrumentarium (zie kader, Wolf et al., 2003).

STONE-model (STONE 2.4)

STONE is een simulatiemodel dat bestaat uit meerdere modellen en wordt gebruikt om een beeld te krijgen van de gevolgen van het mestbeleid voor de emissie van stikstof en fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater. Het is een consensusmodel dat in samenwerking met RIVM en RIZA is ontwikkeld voor nationale beleidsevaluaties. STONE berekent ruimtelijke en temporele patronen van de nitraatconcentratie in het grondwater, de fosfaatophoping in de bodem en belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor. Verder berekent STONE posten van de N- en P-balans van de bodem en kan het diverse scenario's in intensiteit van de veestapel en de aanwending van dierlijke mest en kunstmest doorrekenen.

Regionalisatie uit- en afspoelingcijfers

STONE is ontwikkeld voor toepassing op landelijke schaal met een landelijke schematisering bestaande uit 6405 rekeneenheden (SWAP-ANIMO-rekenplots). Een rekenplot bestaat uit een unieke combinatie van hydrologische eigenschappen, landgebruik en bodemkenmerken en heeft een resolutie van 250*250 m. Deze kenmerken van de SWAP-ANIMO-rekenplots kunnen in een regionale

toepassing beter afgestemd worden op de regio specifieke situatie, de zogenaamde herschikkingsprocedure (Van Boekel et al., 2013). In deze paragraaf wordt de methodiek kort toegelicht. Een uitgebreidere beschrijving staat in Bijlage 1.

De herschikkingsprocedure bestaat uit verschillende onderdelen:

1. Gebiedsanalyse:
 - Vervaardigen nieuw geclassificeerde kaarten m.b.t. landgebruik, bodemtype en Gt-klasse;
 - Overlay van kaarten en afleiden van MLB⁴-combinaties.
2. Afleiden nieuwe N- en P-uitspoelingscijfers:
 - Selectie van representatieve SWAP-ANIMO-rekenplots die passen bij MLB⁴-combinaties;
 - Aggregeren van de stikstof- en de fosforbelasting op waterlichaamniveau.

Gebiedsanalyse

De eerste stap in de herschikkingsprocedure is het genereren van een zogenaamde MLB⁴-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 het 1:50.000 Bodemkaart (Klijn, 1997);
- Gt-klasse op basis van het 1:50.000 Bodemkaart (Klijn, 1997).

De verschillende kaartlagen zijn gecombineerd tot één kaartlaag met unieke MLB⁴-eenheden met een resolutie van 25 meter. Deze MLB⁴-kaart is de input voor de tweede stap van de herschikkingsprocedure (selectieprocedure).

Selectieprocedure rekenplots

In de tweede stap zijn voor alle MLB⁴-eenheden representatieve 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 rekenplot 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 en niet voor één rekenplot zodat dit, ongeacht wie de procedure uitvoert, 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 MLB⁴-eenheid.

Situatie 3: Indien er geen representatieve rekenplots gevonden worden omdat de gewenste combinatie landgebruik, bodemfysische eenheid en Gt-klasse binnen een meteorodistrict niet voorkomt, is ervoor gekozen om stapsgewijs steeds meer informatie van de MLB⁴-eenheden minder strikt te nemen, net zolang totdat alle eenheden zijn voorzien van een koppeling aan een SWAP-ANIMO-rekenplot. Het stappenplan voor de toekenning van SWAP-ANIMO-rekenplots aan MLB⁴-eenheden is beschreven in Bijlage 1.

In de zoektocht naar representatieve rekenplots bij geen fit is voor een specifieke combinatie van het landgebruik, bodemtype, Gt-klasse en meteororegio gezocht naar rekenplots met vergelijkbare grondsoort en vergelijkbare grondwaterstand.

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 MLB⁴-eenheid een stikstof- en fosforvrucht toe te kennen. Vervolgens worden de uit- en afspoelingscijfers per MLB⁴-eenheid geaggregeerd naar de vanggebieden.

⁴ MLB⁴ is een afkorting voor **M**eteo **L**andgebruik **B**odemfysische eenheid en **G**rondwatertrap.

Update uit- en afspoelingscijfers (verlengen reeks)

Voor de landelijke berekeningen is in het kader van de Meststoffenwet de uit- en afspoeling berekend tot en met het jaar 2013. Voor de recentere jaren zijn ten behoeve van regionale bronnenanalyses met STONE ook berekeningen uitgevoerd voor recentere jaren (2014 tot en met 2017). Hierbij is uitgegaan van de klimaatgegevens in die jaren en de prognoses voor de mestgiften in die jaren.

2.4.3 RWZI's

De stikstof-, ammonium- en fosforbelasting van het oppervlaktewater zijn afgeleid op basis van effluentgegevens (debeten en bijhorende concentraties) die door het waterschap digitaal zijn aangeleverd. Een overzicht van de RWZI's, het vanggebied waar de RWZI aan toegekend is en de periode waarvoor meetgegevens zijn aangeleverd, is weergegeven in Tabel 2.5. Met deze meetgegevens zijn de stikstof-, ammonium- en fosforvracht afgeleid.

Tabel 2.5 Overzicht van RWZI's.

Rwzi	Vanggebied	Periode
Raalte	Raalterwetering	jan. 2010 – dec. 2018
Meppel (effluent 1)	Drentse kanalen	sept. 2006 – dec. 2018
Meppel (effluent 2)	Drentse kanalen	sept. 2006 – dec. 2018
Dieverbrug	Drentse kanalen	sept. 2006 – dec. 2018
Echten	Drentse kanalen	jan. 2007 – dec. 2018
Beilen	Drentse kanalen	jan. 2007 – dec. 2018
Heino	Nieuwe Wetering (Benedenloop)	jan. 2011 – dec. 2018
Smilde	Drentse kanalen	jan. 2007 – dec. 2018

2.4.4 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 lozingen'), maar houdt geen rekening met de nutriëntenbelasting door uitspoeling vanuit stedelijk groen en directe belasting van stedelijke water door bladval, afspoeling van uitwerpselen van honden en eendjes voeren. 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 afspoelingsconcentratie heeft als een STONE-rekenplot voor natuurgronden. Voor de belasting van bladval, uitwerpselen van honden en eendjes voeren is aangesloten op kentallen voor 'gemiddeld stedelijk gebied' (WiBo, 2015). Deze zijn uitgedrukt per eenheid van oppervlak stedelijk water en bedragen $0,25 \text{ g P m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ en $0,36 \text{ g N m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ voor eendenvoer, $0,25 \text{ g P m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ en $0,40 \text{ g N m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ voor uitwerpselen van honden en $0,24 \text{ g P m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ en $2,75 \text{ g N m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ voor bladval. Het oppervlak aan stedelijk water is bepaald door aan te nemen dat 5% van het totale stedelijk oppervlak (= stedelijk verhard + stedelijk groen) bestaat uit stedelijk water.

2.4.5 Directe kwel naar oppervlaktewater

Directe kwel op waterlopen mist in de EmissieRegistratie, maar kan toch een significante nutriëntenbron zijn, met name in grote wateren die diep insnijden in de deklaag. Daarom is deze bron aanvullend bepaald in dit onderzoek. Dit is gedaan door eerst per vanggebied de gemiddelde jaarlijkse kwelflux te bepalen op basis van de kwelkaart van het waterschap (MIPWA_kwW). De gemiddelde kwelflux van een vanggebied is vervolgens vermenigvuldigd met de default stikstof- en fosforconcentraties van de onderrandvoorwaarden van de SWAP-ANIMO-rekenplots, die zijn afgeleid van de landelijke grondwaterkwaliteitskaart van TNO-NITG. Het areaal open water is afgeleid op basis van LGN7.

2.4.6 Overige bronnen vanuit EmissieRegistratie

De EmissieRegistratie bevat 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 6 groepen (zie Bijlage 2):

- LO: overige landbouwemissies (meemesten sloten, afvalwater glastuinbouw, erfafspoeling);
- DW: atmosferische depositie open water;
- EF: rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's);
- IND: industriële lozingen;
- OV: overige lozingen (overstorten, regenwaterriolen, IBA's, verkeer, huishoudelijk afval, overige);
- UA: uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden.

Voor het bepalen van de nutriëntenbelasting vanuit RWZI's (EF) en de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden (UA) is niet gebruikgemaakt van de EmissieRegistratie.

Voor het vaststellen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater door de vier overige groepen (LO, DW, IND en OV) is gebruikgemaakt van de EmissieRegistratie versie 2013. De hierin opgenomen vrachten van regenwaterriolen, riooloverstorten en overige huishoudelijke afvalwaterlozingen (IBA's en directe), zijn vervangen door de update van ER voor deze bronnen (Liefting, 2017⁵). In 2019 is voor ER een onderzoek gestart om de emissies van erfafspoeling beter betrouwbaar in te kunnen schatten.

2.4.7 Retentie in het oppervlaktewater

Om te bepalen hoeveel nutriënten het vanggebied 'verlaten' (met het oog op afwenteling) en de nutriëntenbalans te kunnen valideren, is het belangrijk de retentie in het oppervlaktewater te schatten. Een deel van de nutriënten dat in de waterlopen terecht komt 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 waterbodem speelt hierbij een belangrijke rol en fungeert als sink (sedimentatie, adsorptie, immobilisatie) en source (desorptie van bijvoorbeeld fosfaat tijdens anaerobe omstandigheden). Wanneer bij ecologische beoordeling van de nutriëntenbelasting de systematiek van ecologische sleutelfactoren wordt gehanteerd (ESF1), gaat het alleen om de externe belasting en moet aldus nalevering van de waterbodem niet als aparte bron worden meegenomen. Nalevering vanuit de waterbodem wordt meegenomen in de beoordeling van de productiviteit (ESF3).

De retentie is geschat conform de werkwijze die is gehanteerd binnen de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (Van Boekel et al., 2012), waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen vrij afwaterende gebieden, overgangsgebieden en poldersystemen.

- De retentie van stikstof en fosfor, die vanuit landbouw- en natuurgronden uitspoelt naar het oppervlaktewater, is voor vrij afwaterende gebieden afhankelijk van de 'specifieke afvoer'. De 'specifieke afvoer' is gedefinieerd als de afvoer bij het uitstroompunt van het afwateringsgebied, gedeeld door het bovenstroomse wateroppervlak.
- De retentie van stikstof in de veen- en kleipolders varieert per polder. De retentie is afhankelijk van de onderliggende retentieprocessen denitrificatie, netto-opname (zomerhalfjaar) en afgifte (winterhalfjaar) van stikstof door waterplanten. Voor het model is de retentiec capaciteit afgeleid op basis van oppervlak open water en een retentiec capaciteit voor sloten in kleigronden van 11,8 en 5,0 gram N per m² sloetoppervlak voor resp. het zomerhalfjaar en het winterhalfjaar.

⁵ Liefting, E., en H. de Man, 2017. 'EmissieRegistratie Afvalwaterketen', Achtergrondrapport bij de in 2017 geactualiseerde factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's'. Partners4urbanwater en Deltares, 15 juni 2017.

Voor sloten in veengronden geldt een retentiecapaciteit van 4,4 en 1,0 gram N per m² slootoppervlak voor resp. het zomerhalfjaar en het winterhalfjaar (Van Boekel et al., 2012).

- Voor de fosforretentie in poldersystemen en de stikstofretentie in zandige polders zijn retentiepercentages aangehouden die zijn gehanteerd bij de ex-ante-evaluatie landbouw en KRW (Van Gerven et al., 2009; Van Boekel et al., 2012). Voor de stikstof- en fosforbelasting via de uit- en afspoeling is een vast retentiepercentage gebruikt van 50 (Kronvang et al., 2004) en voor de andere bronnen is een vaste retentiepercentage van 20 aangehouden.

Het gebruikte retentiepercentage van 50 voor de diffuse bronnen is afgeleid van schattingen voor grotere stroomgebieden (Kronvang et al., 2004). De gemiddelde retentie voor puntbronnen is geschat op 20%. De gedachte daarbij is dat de uitspoeling door diffuse bronnen vooral in de haarvaten (sloten) met relatief grote verblijftijden plaatsvindt. Puntlozingen vinden doorgaans rechtstreeks plaats op de grotere waterlopen en hebben daardoor kleinere verblijftijden. Door de lagere verblijftijden is er in feite minder tijd voor de omzetting en vastlegging van nutriënten, wat resulteert in een lagere retentie. Consequentie van deze aanname is dat de bron-gewogen gemiddelde retentie binnen een stroomgebied altijd tussen de 20 en 50% ligt, afhankelijk van het aandeel van de belasting van de puntbronnen en die van de diffuse bronnen.

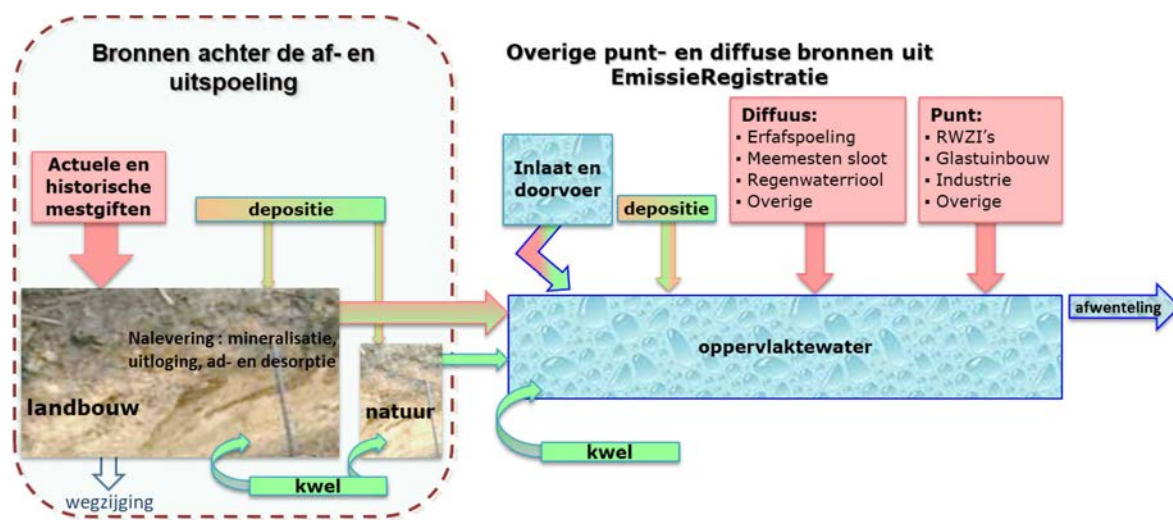
2.4.8 Uitgaande vrachten en validatie

Per vanggebied zijn nu de totale inkomende vracht, de retentie en de uitgaande vracht afgeleid. De validatie wordt uitgevoerd door de netto uitgaande vracht (bruto inkomende vracht minus de retentie) te vergelijken met de vrachtbepalingen die zijn afgeleid m.b.v. de aangeleverde debietgegevens en concentraties nabij de uitlaatpunten van de deelgebieden.

Bij het interpreteren van de resultaten moet rekening gehouden worden met onzekerheden t.a.v. de modelberekeningen en t.a.v. de meetgegevens. Bij het vergelijken met de berekende en uit metingen afgeleide nutriëntenvracht wordt daarom een onzekerheidsmarge aangehouden van de gemeten en berekende uitgaande nutriëntenvracht nabij de uitstroompunten van het vanggebied. De onzekerheidsmarges zijn afgeleid op basis van eerder uitgevoerd onderzoek.

2.5 Herkomst analyse

De herkomst van stikstof- en fosforuitspoeling uit landbouwgronden is verder geanalyseerd door de bronnen van 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 mestgiften, actuele mestgiften en uitspoeling van eerder in het jaar geïnfiltreerd oppervlaktewater. Dit onderscheid is schematisch weergegeven in Figuur 2.1. De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit natuurgebieden wordt niet verder uitgesplitst.



Figuur 2.1 Overzicht van de belangrijkste bronnen/emissieroutes naar het oppervlaktewater. De rode arcering staat symbool voor antropogene bronnen, de groene arcering voor (semi)natuurlijke.

Voor waterbeheerders is het relevant te weten welke bronnen en emissieroutes 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.

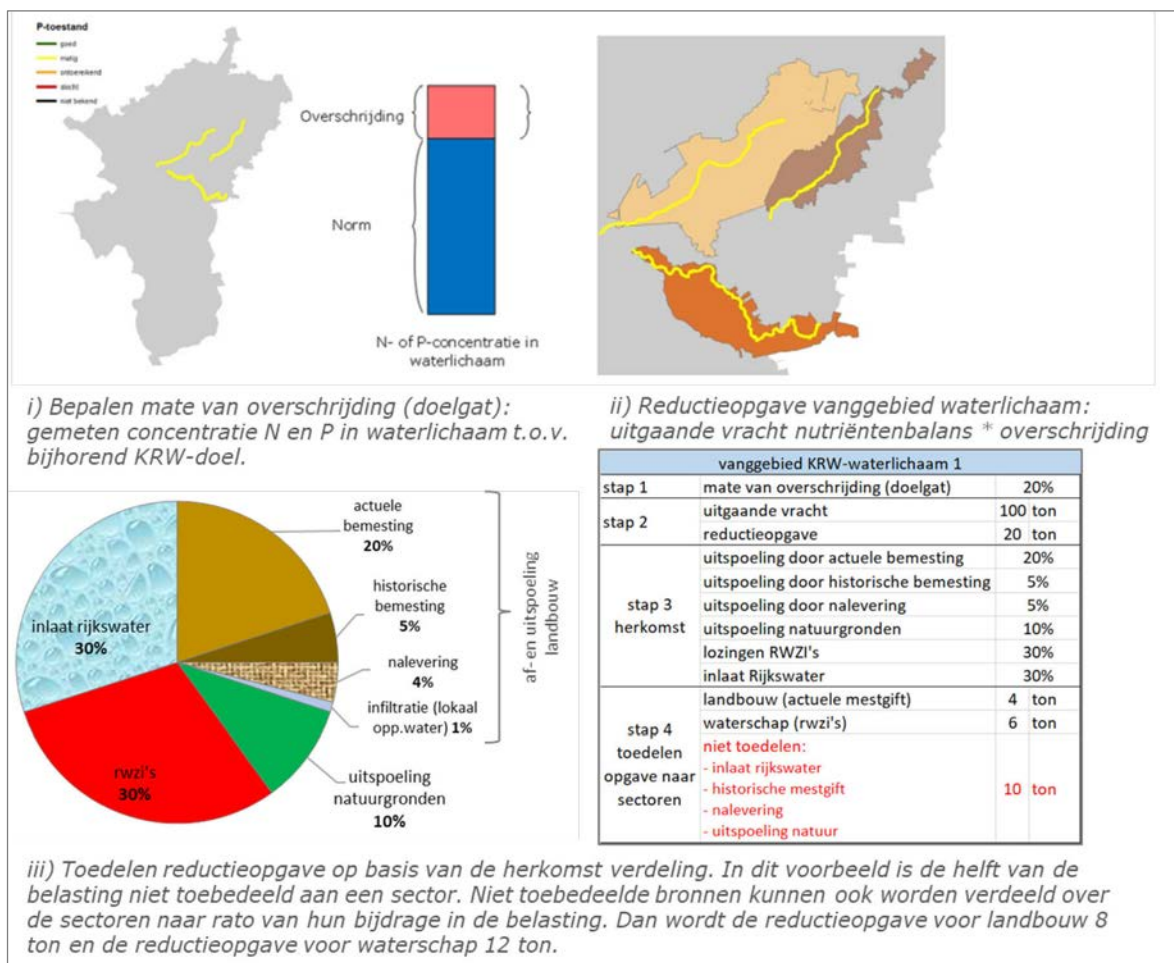
In de onderhavige studie zijn de volgende bronnen als antropogeen beschouwd: bemesting (actueel en historisch), overige agrarische emissies (meemesten sloten, glastuinbouw en erfafspoeling), RWZI's, regenwaterriolen, overstorten, lozingen industrie, huishoudens, IBA's en andere kleine emissiebronnen die aan ER zijn ontleend (scheepvaart e.d.). Waterinlaat is ten behoeve van de herkomstanalyse gesplitst in het deel van het inlaatwater dat wordt beïnvloed door RWZI's en het deel dat afkomstig is uit Rijkswateren. De achtergrondbelasting volgt dan uit het aandeel van de overige bronnen.

2.6 Afleiden reductieopgave nutriënten

Op basis van de nutriëntenbalans, de KRW-doelen voor stikstof en fosfor en de huidige stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater, kan per vanggebied een reductieopgave voor stikstof en fosfor worden afgeleid. Deze opgave is dan de mate waarin de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater verminderd moet worden om het gehalte passend bij de ecologische toestand 'goed' te kunnen bereiken. Dit betreft het GEP voor P en N, dat overeenkomt met de standaard STOWA-referentiewaarden. De werkwijze voor het afleiden van de opgave is conform de werkwijze die is gehanteerd in de studie van Groenendijk et al. (2016). De te doorlopen stappen om de reductieopgaven te bepalen en toe te wijzen aan de sectoren die het oppervlaktewater met nutriënten belasten, zijn als volgt (zie ook als voorbeeld Figuur 2.2):

- i. Per KRW-waterlichaam wordt op basis van de gemeten nutriëntenconcentraties in het zomerhalfjaar en de GEP-norm de mate van overschrijding bepaald (20% in het voorbeeld van Figuur 2.2). Bij voorkeur wordt hiervoor een KRW-meetpunt nabij het uitstroompunt gekozen.
- ii. De mate van overschrijding wordt vermenigvuldigd met de uitgaande nutriëntenvracht die in de nutriëntenbalans voor het vanggebied van het KRW-waterlichaam is berekend (in het voorbeeld van Figuur 2.2 is dat $100 \text{ ton/zomerhalfjaar} * 20\% = 20 \text{ ton/zomerhalfjaar}$).
- iii. De belasting in het zomerhalfjaar wordt verdeeld naar herkomst. In het voorbeeld van Figuur 2.2 komt 30% uit landbouwgronden (20% door actuele mestgift, 5% historische mestgift, 10% nalevering, 1% geïnfiltrerd oppervlaktewater). Verder komt 30% uit RWZI's, 30% door inlaat rijkswater en 10% uit natuurgronden.
- iv. De reductieopgave wordt vervolgens toebedeeld aan de sectoren die actief oppervlaktewater met nutriënten belasten naar rato van het aandeel dat een sector heeft in de totale nutriëntenbelasting. Aan diverse bronnen wordt geen eigenaar toegekend, in dit voorbeeld de

helft. De reductieopgave voor het waterschap, eigenaar van de bron RWZI, is dan $30\% * 20 \text{ ton/jaar} = 6 \text{ ton}$. Voor de landbouw is de opgave $20\% (\text{actuele mestgift}) * 20 \text{ ton} = 4 \text{ ton}$. Om de reductie te halen, kunnen de niet-toebedeelde bronnen (hier 10 ton) worden verdeeld over de sectoren naar rato van hun bijdrage in de belasting. Dan wordt de opgave voor het waterschap $12 \text{ ton} (6 + 30\% / (20\% + 30\%) * 10)$ en voor landbouw $8 \text{ ton} (4 + 20\% / (20\% + 30\%) * 10)$.



Figuur 2.2 Methodiek voor het afleiden van de reductieopgaven voor nutriënten en toedeling daarvan aan sectoren. Achtereenvolgens wordt i) per waterlichaam de overschrijding van het KRW-doel bepaald op basis van de gemeten concentraties en het KRW-doel, ii) de overschrijding uitgedrukt in een totale reductievracht (ton/jaar of ton/zomerhalfjaar) op basis van de nutriëntenbalans van het vanggebied en iii) de reductieopgave toebedeeld aan de sectoren die het water met nutriënten belasten op basis van de herkomstverdeling.

Bij het toedelen van de reductieopgave wordt, naast de bronnen in het vanggebied, ook rekening gehouden met waterinlaat en afwenteling. Zo krijgt een waterschap een extra reductieopgave als een deel van de nutriënten in het inlaatwater toe te schrijven is aan bovenstrooms gelegen RWZI's. Daarmee is ook de retentie van invloed op de toedeling van de reductieopgaven, want door retentie is de uitgaande vracht kleiner dan de som van de inkomende vrachten. En voor een grote puntbron zoals een RWZI die loost op een hoofdwatergang, wordt in ECHO een lagere retentie berekend dan een diffuse bron waarvoor de nutriënten meer in de haarvaten van het vanggebied terecht zullen komen.

2.7 Effecten maatregelen

Effecten huidig mestbeleid conform 5e NAP

Door het huidige mestbeleid conform het 5^e NAP zal de af- en uitspoeling van nutriënten afnemen ten opzichte van de periode (2000-2017) waarop deze in de nutriëntenbalans is berekend. Enerzijds door de recente aanscherping van het beleid (5^e Nitraat Actie Programma), anderzijds omdat na-ijling van mestgiften die in het verleden veel hoger waren in het verloop van de tijd verder afneemt.

Met de regio specifieke SWAP-ANIMO-schematisatie is de uit- en afspoeling van stikstof- en fosfor uit landbouw- en natuurpercelen berekend aan het einde van de KRW-planperiode, uitgaande van het 5^e Nitraat Actie Programma. Dit betreft berekeningen die zijn uitgevoerd in het kader van de ex-ante-evaluatie KRW van het PBL (Groenendijk et al., 2015, Salm et al., 2015). In die modelberekeningen zijn de veranderingen in gebruiksnormen en werkingscoëfficiënten meegenomen.

Idealiter zou worden uitgegaan van het 6^e NAP, maar hiervoor waren ten tijde van het onderhavige onderzoek nog geen landelijke berekeningen voor uitgevoerd. Bovendien is in de beoordeling van het 6^e NAP al geconcludeerd dat de uitspoeling naar het oppervlaktewater ten opzichte van het 5^e NAP nauwelijks verandert. Het effect van het huidig mestbeleid conform 5^e NAP is afgeleid door de uitspoeling die voor de situatie in 2027-2030 is berekend te vergelijken met hetgeen in de referentie is berekend voor de periode 2010-2013. Dit betreft dezelfde weerjaren zodat in de vergelijking geen effect is van verschillende weerjaren.

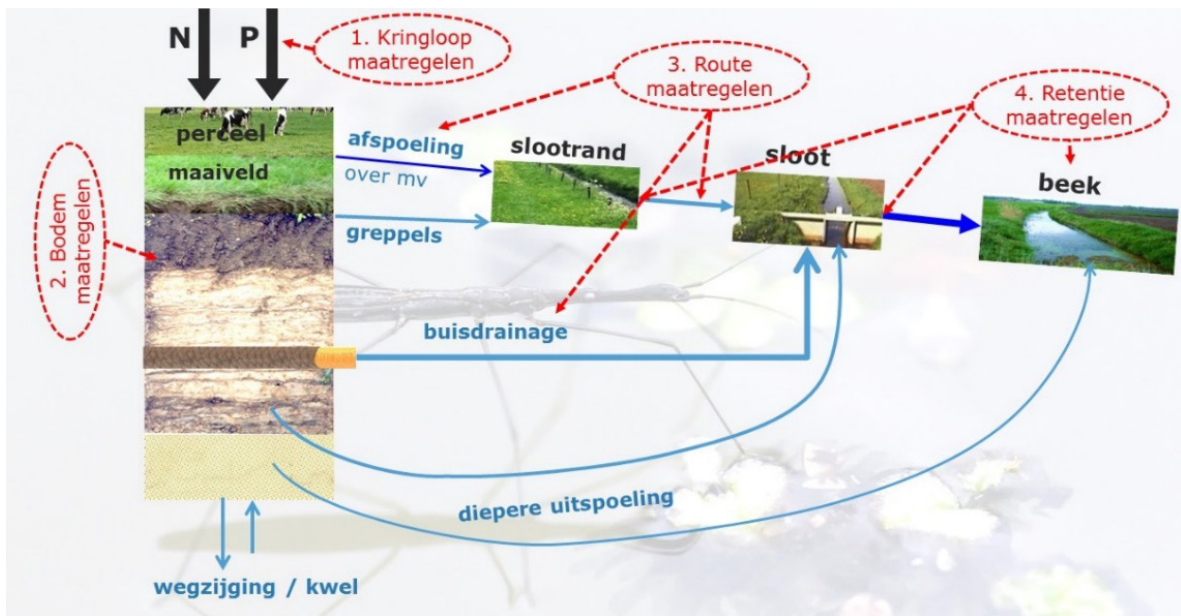
Effecten aanpassingen RWZI

In het noordelijke deel van het beheergebied lozen de RWZI's op de kanalen die onder de voorgenomen nieuwe (deels ruimere) normen voor bepaalde kanaalpannen zelf geen probleem opleveren, maar wel voor een afwentelingsprobleem kunnen zorgen naar andere waterlichamen met strengere normen. In overleg met het waterschap is nagegaan welke reductiepercentage haalbaar zou zijn bij de RWZI's. Hierbij is aangegeven dat met het doseren van chemicaliën, al dan niet gecombineerd met een zandfilter, P-concentraties van 0,15-0,25 mg/l mogelijk zijn. Voor de berekeningen is vervolgens uitgegaan van een P-concentratie van 0,25 mg/l P.

Op basis van de stofbalansen voor de verschillende catchments, de interactie hiertussen en de berekende opgave van de RWZI's kan een beeld worden verkregen in hoeverre een P-concentratie van maximaal 0,25 mg/l P voldoende is om de opgave voor de RWZI's te realiseren.

Landbouwmaatregelen

In het onderzoek zijn effecten van maatregelen berekend die worden voorgestaan met het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW). Dit zijn maatwerkmaatregelen die betrekking hebben op het landbouwkundig handelen en die de agrariër dus zelf kan uitvoeren. Maatregelen die een verlaging van de stikstof- en fosforbelasting van grond- en oppervlaktewater beogen, kunnen gegroepeerd worden naar de positie in het bodemwatersysteem waar deze maatregelen aangrijpen. Het conceptuele model hiervoor is in Figuur 2.3 weergegeven.



Figuur 2.3 Conceptueel model van de belasting van oppervlaktewater vanaf landbouwgrond. (Toelichting zie tekst.)

In het conceptuele model worden vier aangrijpingspunten voor maatregelen (categorieën) onderscheiden:

1. **Bronmaatregelen en brongerichte maatregelen** zijn landbouwkundige maatregelen die gericht zijn op het verbeteren van de nutriëntenefficiëntie en het verlagen van het N- en P-overschot. Hiertoe behoren maatregelen als efficiënter bemesten, het verhogen van de gewasopname en efficiënter voeren in combinatie met lagere N- en P-giften. Het effect van deze maatregelen wordt uitgedrukt in verlaging van het overschot op de bodembalans.
2. Maatregelen gericht op het verbeteren van de (fysieke) **bodemkwaliteit**. Denk aan vruchtwisseling met dieper wortelende gewassen, niet-kerende grondbewerking en de aanvoer van extra organische stof. Deze maatregelen zijn gericht op het verbeteren van de infiltratie en de interne drainage, de bodemstructuur, het vochthoudend vermogen etc. De belangrijkste effecten kunnen zijn a) verhoging van de gewasopname en daarmee verlaging van het overschot (zie 1), en b) verminderen van oppervlakkige afstroming en ondiepe af- en uitspoeling (zie 3). Dit mes snijdt dus aan twee kanten.
3. **Route- of hydrologische maatregelen** beïnvloeden de route van het water vanaf het punt van infiltratie naar het punt van uitstroming in het oppervlaktewater. De maatregelen beogen een beïnvloeding van de verdeling van het neerslagoverschot over (van snel naar langzaam) oppervlakkige afstroming, greppels, drains, ondiep grondwater (perceelsloot) en diep grondwater (overige sloten). Ook dit mes snijdt aan twee kanten, omdat (1) de gewasproductie kan toenemen, wat het nutriëntenoverschot vermindert, en (2) onnodige afvoer van water en nutriënten via snelle routes kan worden voorkomen; water kan infiltreren en stroomt via de ondergrond deels naar het diepere grondwater en deels naar de sloot, waarbij een deel van de nutriënten wordt omgezet of vastgelegd.
4. **Retentiemaatregelen** zijn gericht op het omzetten of vastleggen van nutriënten aan de rand van het perceel of in het oppervlaktewatersysteem zelf. Dit kan door de omzetting van nitraat naar stikstofgas (denitrificatie) te bevorderen (bijvoorbeeld in een reactieve barrière met houtsnippers) of door fosfaat vast te leggen (bijvoorbeeld in een reactieve barrière met ijzerzand). Daarnaast vallen hier maatregelen onder die worden getroffen in en nabij perceelsloten, zoals slootbeheer, kwaliteitsbaggeren en aanleg van vloeivelden of retentiesloten.

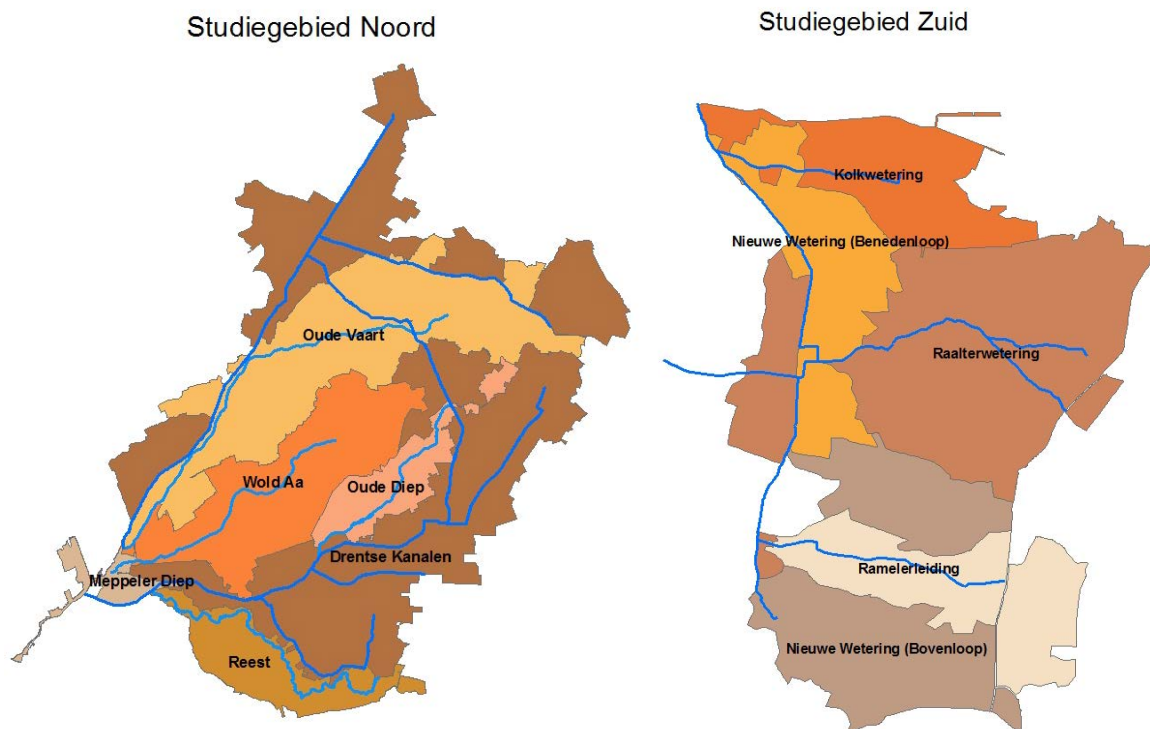
Op basis van opgedane kennis uit eerdere projecten en resultaten uit fase 1 zijn kansrijke maatregelen voor het verlagen van de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater geselecteerd.

3 Nutriëntenbelasting

3.1 Analyse studiegebied

3.1.1 Waterbeheer

De grenzen van de vanggebieden rond de waterlichamen waarvoor de nutriëntenbalansen zijn opgesteld, zijn weergegeven in Figuur 3.1. Zes waterlichamen liggen in het noordelijke deel van het studiegebied en drie waterlichamen in het zuidelijke deel van het studiegebied.



Figuur 3.1 Vanggebieden van de geselecteerde waterlichamen in het noordelijke deel (links) en de vanggebieden van de geselecteerde waterlichamen in het zuidelijke deel van het studiegebied (rechts).

Aanvankelijk waren de Kolkwetering en Ramelerleiding niet geselecteerd, maar omdat beide waterlichamen afwentelen op de Nieuwe Wetering Bovenloop of Nieuwe Wetering Benedenloop, is het noodzakelijk om voor deze waterlichamen stofbalansen (inclusief herkomstanalyse) op te stellen.

De basis in de ECHO-methode voor de schematisatie van het oppervlaktewater is de wijze waarop de waterlichamen op elkaar afwateren en waarvandaan water wordt ingelaten. Voor het vaststellen van de routing is onderscheid gemaakt tussen het zomerhalfjaar (april t/m september) en de winterperiode (oktober t/m maart). Vanuit deze routing, meetgegevens, modelberekeningen en expert judgement is per vanggebied bepaald hoeveel water in de zomer wordt ingelaten en in de winter wordt afgewenteld. Figuur 3.2 geeft een overzicht waarvandaan water wordt ingelaten en waarop wordt afgewenteld.

Studiegebied Noord

Voor de vanggebieden 'Drentse Kanalen', 'Meppelerdiep', 'Oude Diep', 'Oude Vaart', 'Reest' en 'Wold Aa' is door het waterschap de hoeveelheid inlaatwater in de zomerperiode afgeleid op basis van het oppervlak van de gebieden waar werkelijk wateraanvoer mogelijk is. Hierbij is gebruikgemaakt van twee varianten: een variant die globaal de ondergrens van inlaat aangeeft ('lichte' variant) en die globaal de bovengrens aangeeft ('zware' variant). Tabel 3.1 geeft een overzicht van de gegevens die het waterschap hiervoor heeft aangeleverd.

De hoeveelheden inlaatwater zijn afhankelijk van weersomstandigheden en kunnen sterk variëren, zowel tussen de jaren als binnen de gemiddelde zomer- en winterhalfjaren. In de beschouwde periode is zo veel mogelijk rekening gehouden met verschillen tussen meetjaren (droog en nat).

Tabel 3.1 Berekende wateraanvoer voor een aantal vanggebieden in het noordelijk deel van het beheergebied van het waterschap voor een lichte en zware variant voor het zomerhalfjaar.

Waterlichaam	Lichte variant				Zware variant			
	Shape area (m ²)	Oppervlak (ha)	Aanvoer (m ³ dag ⁻¹)	Aanvoer (m ³ s ⁻¹)	Shape area (m ²)	Oppervlak (ha)	Aanvoer (m ³ dag ⁻¹)	Aanvoer (m ³ s ⁻¹)
Drentsche Hoofdvaart	19030114	19030	38060	0,441	33620705	3362	67241	0,778
Hoogeveense Vaart ¹	51390346	51390	102781	1,190	79136210	7914	158272	1,832
Meppelerdiep	6483742	6484	12968	0,150	8854338	885	17709	0,205
Middenraai ¹	3601442	3601	7203	0,083	10426620	1043	20853	0,241
Oude Diep	7635654	7636	15271	0,177	13534562	1353	27069	0,313
Oude Vaart	44064258	44064	88129	1,020	67209451	6721	134419	1,556
Reest	15426541	15427	30853	0,357	21838734	2184	43678	0,506
Wold Aa	31608518	31609	63217	0,732	40830744	4083	81662	0,945

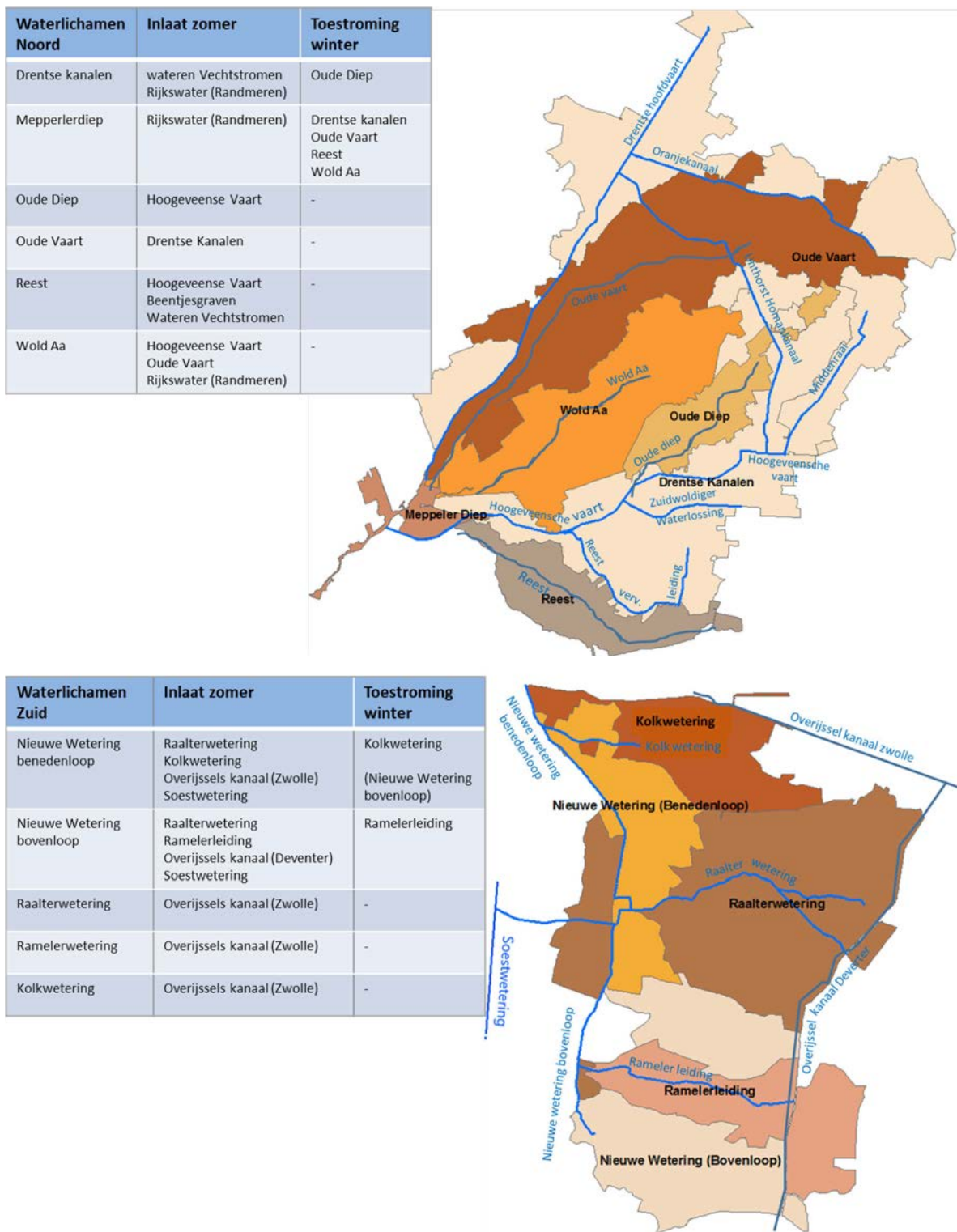
¹ Onderdeel van het vanggebied Drentsche Hoofdvaart.

Studiegebied Zuid

Voor de vanggebieden in studiegebied Zuid is de hoeveelheid inlaatwater/aanvoer vanuit bovenstroomse gebieden bepaald op basis van modelberekeningen, meetgegevens en expert judgement en wijkt dus af van de methode die is toegepast voor het noordelijke studiegebied. In Tabel 3.2 is per vanggebied aangegeven welke methode is gebruikt. De hiermee resulterende schematisatie van de herkomst van het inlaat- en het afgewentelde water is weergegeven in Figuur 3.2.

Tabel 3.2 Overzicht van de herkomst van het inlaatwater dat in het zuidelijk gebied wordt ingelaten en/of wordt aangevoerd vanuit andere vanggebieden (afwenteling) per vanggebied.

Vanggebied	Herkomst + methode	Zomerperiode	Winterperiode
Nieuwe Wetering Benedenloop	Kolkwetering o.b.v. modelberekeningen	45% van het uitgaande debiet van de Kolkwetering	100% van het uitgaande debiet van de Kolkwetering
	Raalterwetering o.b.v. modelberekeningen	55% van het uitgaande debiet van de Raalterwetering	-
	Overijssels kanaal (Zwolle) o.b.v. expert judgement	50 mm per zomerhalfjaar	-
	Soestwetering Benedenloop o.b.v. meetgegevens	Inlaat nabij gemaal Rietberg	-
Nieuwe Wetering Bovenloop	Raalterwetering o.b.v. modelberekeningen	1% van het uitgaande debiet van de Raalterwetering	-
	Ramelerleiding o.b.v. modelberekeningen	45% van het uitgaande debiet van de Ramelerleiding	100% van het uitgaande debiet van de Ramelerleiding
	Overijssels kanaal (Deventer) o.b.v. expert judgement	50 mm per zomerhalfjaar	-
	Soestwetering Benedenloop	Inlaat nabij gemaal Rietberg	-
Raalterwetering	Expert judgement en meetgegevens	Inlaat uit Overijssels kanaal	-

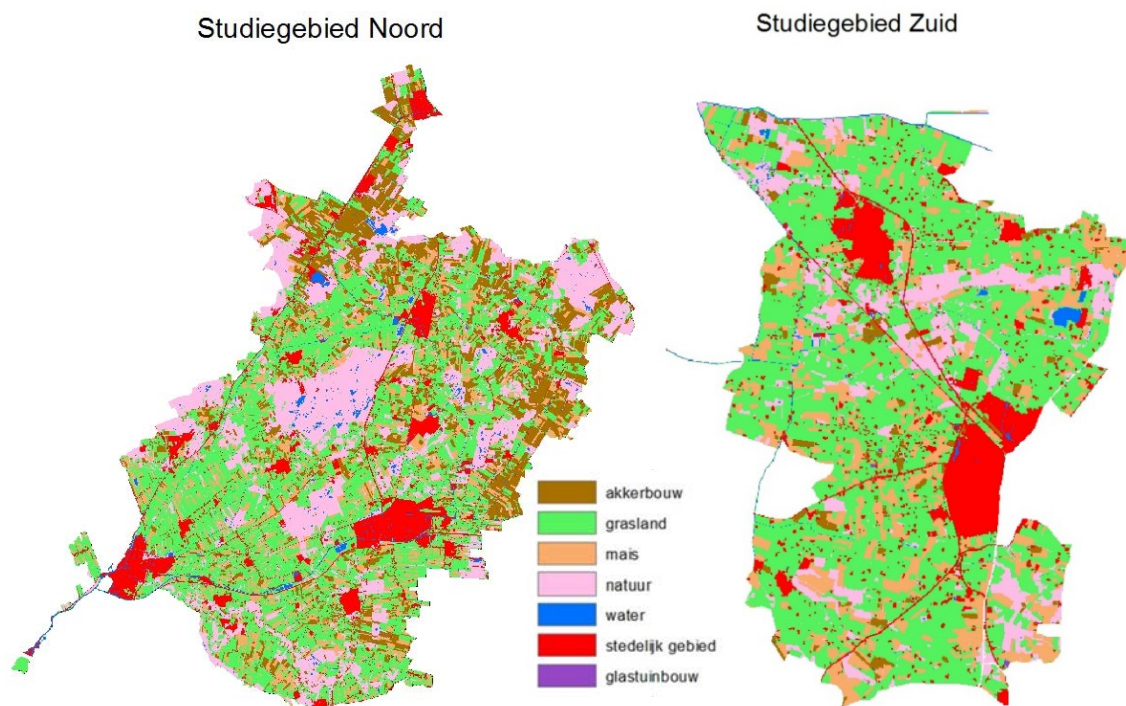


Figuur 3.2 Schematisatie in ECHO van de waterinlaat en toestroming (afwenteling) naar de vanggebieden van de geselecteerde waterlichamen in het noordelijke (boven) en zuidelijke deel (onder).

3.1.2 Landgebruik

Op basis van LGN7 is het landgebruik in het studiegebied afgeleid. In LGN7 worden 33 verschillende landgebruiksvormen onderscheiden en zijn voor deze studie geclusterd in 7 groepen (akkerbouw, grasland, mais, natuur, water, stedelijk gebied en glastuinbouw). Het landgebruik in het totale studiegebied bestaat voor bijna 40% uit agrarisch grasland en ruim 20% van het areaal is natuur (Figuur 3.3). Het areaal akkerbouw, het areaal mais en het areaal stedelijk gebied bedragen ieder ruim 10%, het areaal open water is ca. 2%.

Regionaal zijn er tussen de vanggebieden duidelijke verschillen zichtbaar (zie Tabel 3.3). Het percentage grasland varieert van 30% (Meppelerdiep) tot 65% (Kolkwetering). Het percentage akkerbouw is het hoogst in het vanggebied van de Drentse Kanalen (ca. 20%) en Oude Vaart (12,5%). In de Nieuwe Wetering Bovenloop en Ramelerleiding (beide ca. 21%) is het percentage mais het hoogst. Glastuinbouw komt in de vanggebieden nauwelijks voor (< 0,1%).



Figuur 3.3 Landgebruik op basis van LGN 7 in de verschillende vanggebieden, geclusterd naar akkerbouw, grasland, mais, natuur, water, stedelijk gebied en glastuinbouw.

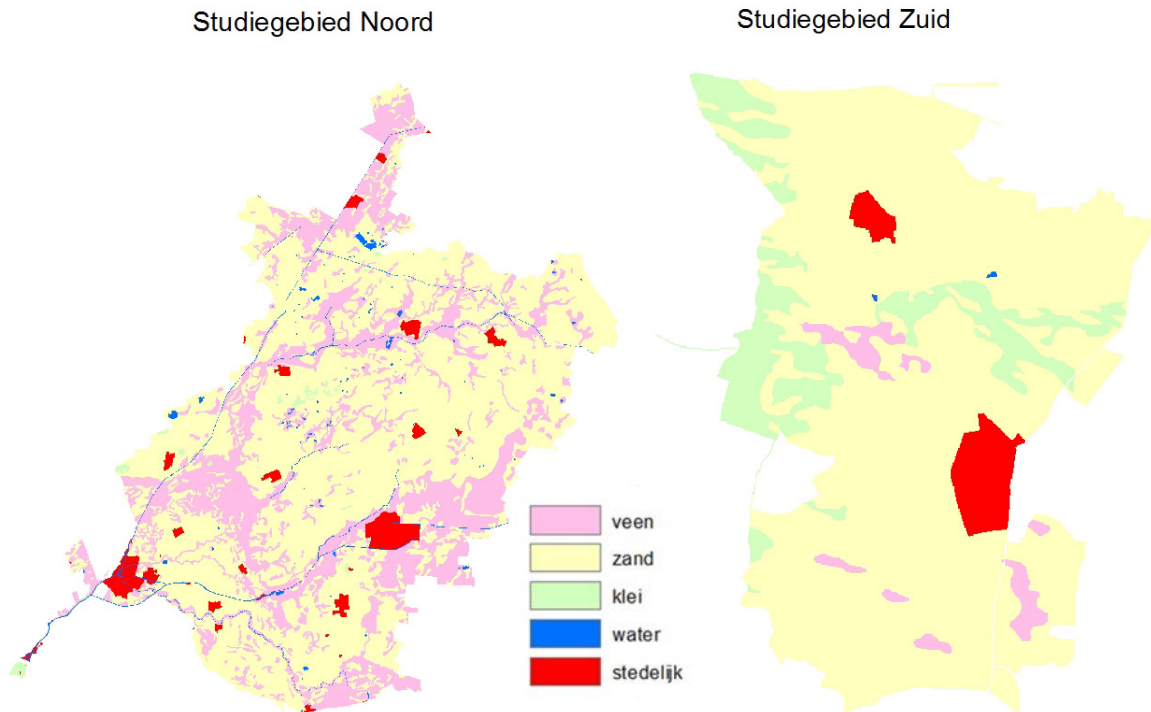
Tabel 3.3 Percentage van de verschillende typen landgebruik in de vanggebieden.

Vanggebied	Akkerbouw	Grasland	Mais	Natuur	Water	Stedelijk	Glastuinbouw
Drentse Kanalen	19,9%	31,8%	11,2%	22,8%	2,2%	12,1%	0,0%
Meppelerdiep	1,0%	31,2%	5,8%	8,9%	10,6%	42,6%	0,0%
Nieuwe Wetering Benedenloop	1,3%	49,2%	11,7%	15,9%	1,6%	20,3%	0,0%
Nieuwe Wetering Bovenloop	3,6%	54,0%	20,9%	6,8%	0,1%	14,5%	0,1%
Oude Diep	6,2%	42,1%	14,4%	21,6%	1,4%	14,2%	0,0%
Oude Vaart	12,5%	42,4%	12,4%	22,9%	1,6%	8,1%	0,0%
Raalterwetering	2,9%	52,7%	14,9%	14,7%	1,7%	13,1%	0,0%
Reest	5,9%	45,0%	13,2%	28,3%	0,6%	7,0%	0,0%
Wold Aa	6,2%	43,9%	11,8%	29,1%	1,6%	7,4%	0,0%
Ramelerleiding	2,3%	53,6%	20,9%	13,1%	0,4%	9,5%	0,1%
Kolkwetering	1,5%	65,2%	11,2%	9,9%	2,1%	10,2%	0,0%

3.1.3 Bodemtype

Een veelgebruikte indeling voor het clusteren van de eenheden van de bodemkaart is de indeling die in 1988 is opgesteld in het kader van de PAWN-studie (Policy Analysis for the Watermanagement of the Netherlands; Wösten et al., 1988). In deze PAWN-indeling worden 23 bodemfysische eenheden (BFE) onderscheiden die zijn geclusterd in zes groepen (veengrond, zandgrond, kleigrond, leemgrond, water en stedelijk gebied).

Ongeveer twee derde van het studiegebied bestaat uit zandgrond, waarvan het grootste gedeelte bestaat uit podzolgrond in zwak lemig, fijn zand (BFE 9, ca. 29%) en podzolgrond in sterk lemig, fijn zand op keileem of leem (BFE 11, ca. 23%). Het overige deel van het gebied (ca. 30%) zijn veengronden, waarvan veengronden met een zanddek en zand in de ondergrond (BFE 5) het meest voorkomt (ca. 17%). Minder dan 2% is kleigrond. De bodemtypen zijn weergegeven in Figuur 3.4. In Tabel 3.4 is hiervan per vanggebied de areaalverdeling weergegeven.



Figuur 3.4 Bodemtypen op basis van de PAWN-bodemkaart die is afgeleid van de 1: 50.000-bodemkaart, geclusterd naar veen, zand, klei, leem, water en stedelijk gebied.

Tabel 3.4 Percentage van de verschillende bodemtypen in de vanggebieden.

Vanggebied	Zand	Klei	Veen	Overige gronden
Drentse Kanalen	65,3%	0,3%	30,1%	4,2%
Meppelerdiep	24,8%	0,6%	33,4%	41,2%
Nieuwe Wetering Benedenloop	71,8%	21,4%	1,7%	5,2%
Nieuwe Wetering Bovenloop	91,0%	0,5%	1,6%	6,9%
Oude Diep	77,9%	0,2%	18,3%	3,6%
Oude Vaart	64,6%	0,7%	31,6%	3,0%
Raalterwetering	70,8%	22,6%	3,0%	3,5%
Reest	63,8%	0,0%	34,0%	2,2%
Wold Aa	71,8%	0,1%	26,4%	1,7%
Ramelerleiding	87,6%	1,2%	8,4%	2,8%
Kolkwetering	92,4%	7,4%	0,0%	0,2%

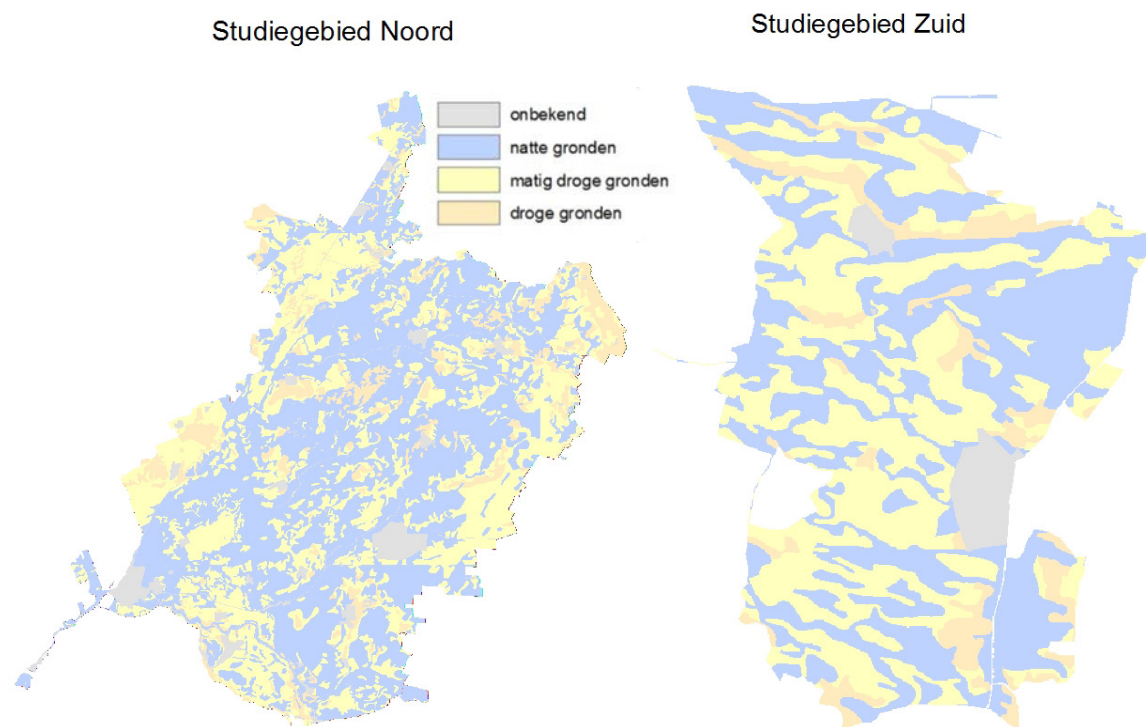
Zandgronden komen zowel in het zuidelijke als noordelijke deel het meest voor. In het noordelijke deel is ook een groot areaal veen aanwezig (circa 20% tot 35%) en in de vanggebieden van de nieuwe Wetering Benedenloop en Raalterwetering komen ook veel kleigronden voor (circa 20%).

3.1.4 Grondwatertrappen

De 1:50.000-bodemkaart is gebruikt om informatie te krijgen over de diepte en fluctuatie van het grondwater (De Vries et al., 2003). In de bodemkaart worden deze weergegeven met Gt-klassen. De grondwatertrappen zijn, op basis van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG), geclusterd in drie groepen, gericht op de berekening van de uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater:

- Nat: Gt-klasse I, II, III, V en V* (GHG < 40 cm-mv)
- Matig droog: Gt-klasse IV en VI (40 cm-mv < GHG < 80 cm-mv)
- Droog: Gt-klasse VII en VIII (GHG > 80 cm-mv)

Deze klassen zijn ruimtelijk weergegeven in Figuur 3.5. Ruim de helft van het studiegebied valt in de categorie *natte gronden*, ongeveer een derde zijn matig droge gronden en minder dan 10% zijn droge gronden (Tabel 3.5). De droge gronden liggen met name in het zuidelijke deel van het studiegebied (Kolkwetering en Ramelerleiding), de natte gronden vooral in het vanggebied van het Oude Diep.



Figuur 3.5 Hydrologische toestand (nat, matig droog en droog) van het studiegebied op basis van de Gt-klasse die zijn afgeleid uit de 1:50.000-bodemkaart.

Tabel 3.5 Percentage natte, matig droge en droge gronden in de vanggebieden.

Vanggebied	Nat	Matig droog	Droog	Onbekend
Drentse Kanalen	45,3%	38,5%	11,4%	4,7%
Meppelerdiep	43,6%	15,0%	0,2%	41,3%
Nieuwe Wetering Benedenloop	39,2%	47,3%	8,3%	5,2%
Nieuwe Wetering Bovenloop	36,8%	46,2%	10,2%	6,9%
Oude Diep	70,3%	25,0%	1,0%	3,6%
Oude Vaart	62,3%	24,4%	10,3%	3,0%
Raalterwetering	54,7%	35,6%	6,1%	3,5%
Reest	42,0%	40,5%	10,4%	7,2%
Wold Aa	66,4%	27,7%	4,2%	1,7%
Ramelerleiding	49,2%	35,7%	12,3%	2,8%
Kolkwetering	49,3%	33,4%	17,0%	0,2%

3.2 Af- en uitspoeling landbouw en natuurgronden

3.2.1 Uit en afspoeling landbouw- en natuurgronden

Op basis van de met herschikking geselecteerde SWAP-ANIMO-rekenplots en het verlengen van de berekeningen met SWAP-ANIMO tot en met 2017 is de uit- en afspoeling van stikstof, ammonium en fosfor uit landbouw- en natuurgronden afgeleid. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 3.6

De uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater op jaarbasis varieert van 14,4 tot 18,3 kg N ha⁻¹ en voor fosfor tussen 0,72 en 1,43 kg P ha⁻¹. Het grootste deel hiervan (ongeveer 80%) komt tot uit- en afspoeling in het winterhalfjaar, zowel voor stikstof als voor fosfor. De variatie (relatief gezien) in belasting van het oppervlaktewater is voor fosfor groter dan voor stikstof.

De hoogste stikstof- en fosforvrucht (in kg ha⁻¹) wordt berekend voor het vanggebied Meppelerdiep (18,3 kg N ha⁻¹ en 1,43 kg P ha⁻¹). Ten opzichte van de andere vanggebieden is met name de stikstofbelasting in het zomerhalfjaar hoger, voor fosfor geldt dit zowel voor de zomer- als voor de winterperiode. De hogere af- en uitspoeling kan worden verklaard doordat in het vanggebied volgens de bodem- en GT-kaart relatief veel natte gronden en veen voorkomt (zie Tabel 3.4 en Tabel 3.5).

Tabel 3.6 Gemiddelde uit- en afspoeling (kg ha⁻¹) van stikstof, ammonium en fosfor uit landbouw- en natuurgronden voor de periode 2011-2017 uitgesplitst naar zomer- en winterperiode.

Vanggebied	Stikstofvrucht (kg ha ⁻¹)			Ammoniumvrucht (kg ha ⁻¹)			Fosforvrucht (kg ha ⁻¹)		
	Zomer	Winter	Jaar	Zomer	Winter	Jaar	Zomer	Winter	Jaar
Drentse Kanalen	2,5	12,7	15,2	0,16	0,54	0,71	0,18	0,72	0,90
Meppelerdiep	4,4	13,9	18,3	0,42	0,88	1,31	0,36	1,07	1,43
Nieuwe Wetering Benedenloop	3,1	13,2	16,3	0,32	0,85	1,17	0,21	0,64	0,85
Nieuwe Wetering Bovenloop	3,1	14,4	17,5	0,17	0,51	0,68	0,16	0,56	0,72
Oude Diep	3,0	14,6	17,6	0,21	0,82	1,03	0,17	0,71	0,88
Oude Vaart	2,5	11,9	14,4	0,19	0,74	0,93	0,17	0,68	0,85
Raalterwetering	3,5	13,2	16,7	0,36	0,88	1,24	0,24	0,68	0,92
Reest	3,1	13,1	16,2	0,41	0,90	1,31	0,21	0,65	0,86
Wold Aa	2,8	13,5	16,3	0,24	0,82	1,06	0,18	0,71	0,89
Ramelerleiding	3,6	13,0	16,6	0,30	0,77	1,07	0,23	0,69	0,92
Kolkwetering	3,3	14,1	17,4	0,27	0,71	0,98	0,19	0,65	0,84

De ammoniumbelasting van het oppervlaktewater in het zomerhalfjaar is 0,28 kg ha⁻¹, variërend tussen 0,16 kg ha⁻¹ en 0,42 kg ha⁻¹ en bedraagt tussen de 5 en 14% van de totale stikstofvrucht naar het oppervlaktewater. In de winterperiode is de ammoniumbelasting een factor 2 tot 4 hoger dan in de zomerperiode. Omdat in de winter de totale stikstofuitspoeling ruim 4 maal groter is dan in de zomer en daarin (ammoniumrijke) kwel minder aandeel heeft, is de ammoniumbelasting van het oppervlaktewater in het winterhalfjaar 3 tot 7% van de totale stikstofbelasting.

3.3 Overige punt- en diffuse nutriëntenbronnen

3.3.1 Overige bronnen uit EmissieRegistratie

Vanuit de database EmissieRegistratie zijn in ECHO per vanggebied de overige punt- en diffuse bronnen gekwantificeerd. Hierbij moeten de volgende opmerkingen geplaatst worden:

- In de database van de EmissieRegistratie zijn alleen jaarvrachten voor stikstof en fosfor beschikbaar. Voor de emissies in het zomer- en winterhalfjaar is de jaarlijkse vracht door twee gedeeld.
- In de gebruikte database zijn de emissies tot en met 2013 beschikbaar. Voor de jaren 2014 tot en met 2017 zijn de emissies van het jaar 2013 aangehouden.
- Door het waterschap is aangegeven dat er (landelijke) signalen zijn dat de erfafspoeling in de EmissieRegistratie waarschijnlijk te hoog wordt ingeschat. Voor deze studie zijn daarom de emissies als gevolg van erfafspoeling met 50% gereduceerd.

Tabel 3.7 (stikstof) en Tabel 3.8 (fosfor) geven een overzicht van de punt- en diffuse stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater zoals ontleend aan EmissieRegistratie (versie 2013).

Tabel 3.7 Stikstofbelasting ($kg\ jaar^{-1}$) van het oppervlaktewater van een aantal bronnen uit de EmissieRegistratie (versie 2013) voor de periode 2011-2017.

Vanggebied	Glas- tuinbouw	Meemesten sloten	Erf- afspoeling	Atm. depositie	Industriële lozingen	Overige emissies
Drentse Kanalen	250	8.430	5.048	18.952	1.900	8.381
Meppelerdiep	1,8	463	446	1.413	23	364
Nieuwe Wetering Benedenloop	0,04	415	507	509	-	152
Nieuwe Wetering Bovenloop	33	652	631	970	1,1	216
Oude Diep	54	926	637	1.462	32	1.396
Oude Vaart	170	4.847	3.327	9.753	1.209	2.256
Raalterwetering	0,04	1.092	1.076	1.586	0,46	341
Reest	5,2	1.510	1.121	1.981	82	722
Wold Aa	8,9	2.881	2.359	5.348	40	731
Ramelerleiding	51	374	376	625	2,8	262
Kolkwetering	-	344	399	485	-	149

Tabel 3.8 Fosforbelasting ($kg\ jaar^{-1}$) van het oppervlaktewater van een aantal bronnen uit de EmissieRegistratie (versie 2013) voor de periode 2011-2017.

Vanggebied	Glas- tuinbouw	Meemesten sloten	Erf- afspoeling	Atm. depositie	Industriële lozingen	Overige emissies
Drentse Kanalen	33	272	1,657	-	267	998
Meppelerdiep	0,23	15	149	-	3,1	58
Nieuwe Wetering Benedenloop	< 0,01	13	169	-	-	22
Nieuwe Wetering Bovenloop	4,3	21	207	-	7,7	34
Oude Diep	7,0	30	207	-	4,5	84
Oude Vaart	22	157	1,092	-	392	243
Raalterwetering	0,01	35	359	-	3,4	54
Reest	0,67	49	373	-	15	103
Wold Aa	1,2	93	785	-	8,0	107
Ramelerleiding	6,6	12	120	-	20	25
Kolkwetering	-	11	133	-	-	21

3.3.2 Rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI)

De belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor uit RWZI's is afgeleid op basis van effluentgegevens die door het Waterschap zijn aangeleverd over de periode 2011 tot en met 2017. Het debiet (m^3) en de bijbehorende stikstof- en fosforconcentraties ($mg\ L^{-1}$) op dagbasis zijn gebruikt om de totale stikstof- en fosforvrucht in het zomer- en winterhalfjaar te berekenen (Tabel 3.9).

De gemiddelde stikstofconcentratie van het effluent varieert in de zomerperiode tussen 2,7 $mg/L\ N$ (Meppel, effluent 1) en 7,1 $mg/L\ N$ (Dieverbrug). In de winterperiode is de gemiddelde stikstofconcentratie iets hoger (4,2 $mg/L\ N$ voor rwzi Meppel, effluent 1 en 8,2 $mg/L\ N$ voor RWZI Heino). De stikstofconcentraties in de zomer zijn voor alle RWZI's lager dan in de winter (m.u.v. RWZI Beilen). Voor fosfor worden juist in de zomerperiode hogere fosforconcentraties gemeten. De gemiddelde fosforconcentratie in de winter varieert van 0,42 tot 0,94 $mg/L\ P$, terwijl in de zomerperiode de P-concentraties variëren tussen 0,57 en 1,94 $mg/L\ P$. De hoogste P-concentraties van het effluent worden berekend voor RWZI Meppel, effluent 1. Ook voor RWZI Beilen en Meppel, effluent 2, worden hoge P-concentraties gemeten.

Tabel 3.9 Overzicht RWZI's in het studiegebied met de debieten (m^3), stikstof-, ammonium en fosforvruchten (ton) en concentraties (mg/L) gemiddeld per zomer- en winterhalfjaar voor de periode 2011-2017.

RWZI	Waterlichaam	Periode	Debiet	Stikstof		Ammonium ¹		Fosfor	
			miljoen m^3	ton	$mg/L\ N$	ton	$mg/L\ NH_4$	ton	$mg/L\ P$
Beilen	Beilervaart	winter	1,9	8,9	4,8	1,4	0,76	1,5	0,83
		zomer	1,7	8,2	4,8	2,3	1,25	2,3	1,32
Echten	Hoogeveense Vaart	winter	5,9	40,4	6,8	3,9	0,68	4,3	0,72
		zomer	5,1	26,1	5,1	1,2	0,24	3,3	0,65
Meppel (effluent 1)	Drentse Kanalen	winter	1,8	7,4	4,2	0,86	0,42	1,5	0,86
		zomer	1,6	4,2	2,7	0,42	0,23	3,0	1,94
Meppel (effluent 2)	Drentse Kanalen	winter	2,4	12,9	5,4	5,3	1,5	2,2	0,94
		zomer	2,4	9,5	4,0	2,6	0,97	2,8	1,16
Dieverbrug	Drentsche Hoofdvaart	winter	0,77	5,5	7,2	1,2	1,4	0,34	0,44
		zomer	0,64	4,5	7,1	0,88	1,1	0,57	0,89
Smilde	Drentsche Hoofdvaart	winter	0,46	3,2	6,8	1,4	2,9	0,20	0,42
		zomer	0,38	2,1	5,7	0,27	0,70	0,26	0,70
Raalte	Raalterwetering	winter	1,7	13,0	7,5	3,0	1,7	1,1	0,65
		zomer	1,5	9,7	6,5	2,8	1,8	0,83	0,57
Heino	Nieuwe Wetering Benedenloop	winter	0,27	2,2	8,2	0,54	2,2	0,15	0,57
		zomer	0,33	1,8	5,4	0,64	2,3	0,30	0,92

¹ Voor ammonium (NH_4) zijn meetgegevens beschikbaar vanaf 2014/2015, de berekende NH_4 -vrucht en NH_4 -concentraties betreft de periode 2014-2017

Naast de stikstof- en fosforvrucht is op basis van de aangeleverde informatie ook de ammoniumvrucht voor het zomer- en winterhalfjaar bepaald. Dit betreft echter de periode 2014-2017, voor 2014 is geen informatie over de ammoniumvrucht beschikbaar/aangeleverd door het waterschap. De ammoniumvrucht varieert van 0,54 tot 5,3 ton NH_4 in het winterhalfjaar en tussen 0,27 en 2,80 in het zomerhalfjaar. De ammoniumbelasting varieert van 5 tot 44% van de totale stikstofvrucht.

3.3.3 Diffuse belasting stedelijk gebied

Uitspoeling stedelijk groen

Voor stedelijk groen is aangenomen dat deze dezelfde uit- en afspoelingsconcentraties hebben als een SWAP-ANIMO-rekenplot voor natuurgronden. Tabel 3.10 geeft de kentallen waarmee de uit- en afspoeling vanuit stedelijk groen is afgeleid. De stikstofvrucht naar het oppervlaktewater varieert van 0,24 ton N /jaar voor vanggebied Ramelerleiding tot 15,2 ton N /jaar voor vanggebied Drentse Kanalen.

Tabel 3.10 Overzicht kentallen die gebruikt zijn afleiding van de uitspoeling vanuit stedelijk gebied.

Vanggebied	Areaal stedelijk	Areaal stedelijk groen	Uitspoeling natuurgronden		Uit- en afspoeling stedelijk groen	
	ha	ha	kg ha ⁻¹ N	kg ha ⁻¹ P	ton N/jaar	ton P/jaar
Drentse Kanalen	5154	1885	8,1	0,23	15,2	0,43
Meppelerdiep	762	278	13,0	0,42	3,6	0,12
Nieuwe Wetering Benedenloop	293	91	7,5	0,18	0,68	0,02
Nieuwe Wetering Bovenloop	320	76	8,0	0,15	0,61	0,01
Oude Diep	662	215	11,2	0,36	2,4	0,08
Oude Vaart	1714	548	8,7	0,26	4,8	0,14
Raalterwetering	482	158	8,4	0,23	1,3	0,04
Reest	446	147	8,1	0,18	1,2	0,03
Wold Aa	968	267	10,4	0,35	2,8	0,09
Ramelerleiding	140	27	8,8	0,36	0,24	0,01
Kolkwetering	124	39	8,4	0,26	0,33	0,01

Overig diffuse belasting stedelijk water

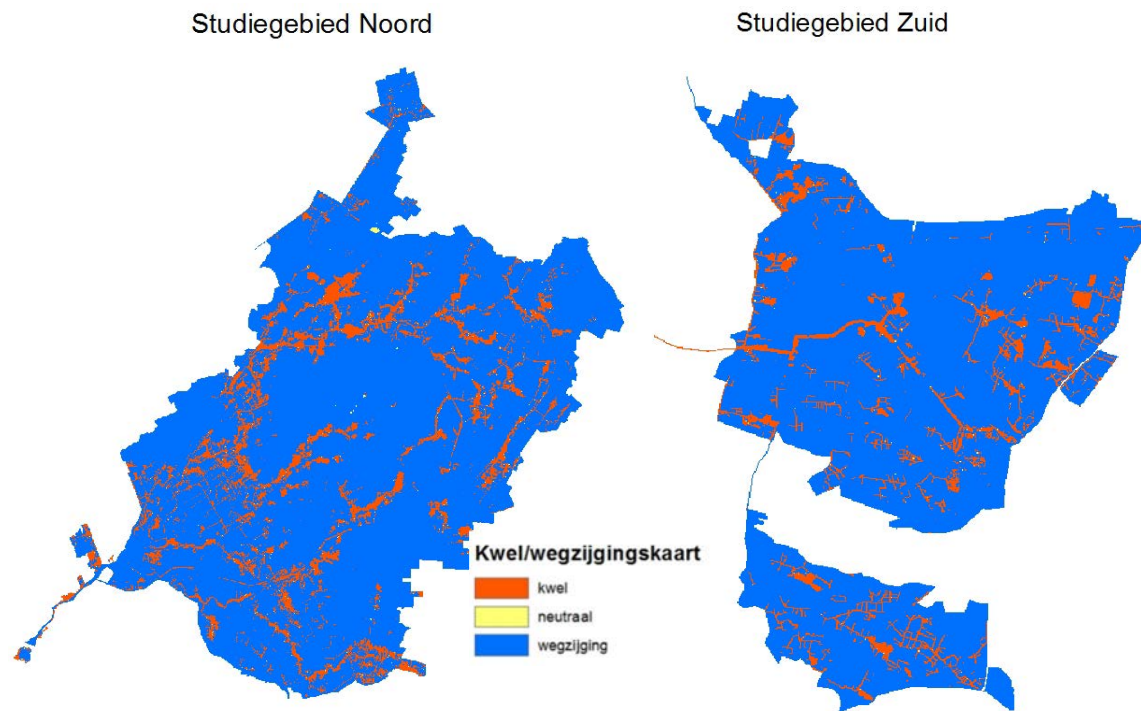
Voor de belasting via honden, eenden en bladval is aangesloten op kentallen voor 'gemiddeld stedelijk gebied' (zie paragraaf 2.5.3). Per vanggebied is het oppervlak aan stedelijk water bepaald door aan te nemen dat 5% van het totale stedelijk oppervlak (= stedelijk verhard + stedelijk groen) bestaat uit stedelijk water. De met deze percentages berekende belasting is weergegeven in Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Diffuse belasting van het stedelijk oppervlaktewater van stikstof en fosfor door eenden, honden en bladval, ervan uitgaande dat 5% van het stedelijk oppervlakareaal uit stedelijk water bestaat.

Vanggebied	Areaal stedelijk	Diffuse belasting stedelijk water	
	ha	ton N/jaar	ton P/jaar
Drentse Kanalen	5154	9,0	1,9
Meppelerdiep	762	1,3	0,28
Nieuwe Wetering Benedenloop	293	0,51	0,11
Nieuwe Wetering Bovenloop	320	0,56	0,12
Oude Diep	662	1,2	0,25
Oude Vaart	1714	3,0	0,63
Raalterwetering	482	0,85	0,18
Reest	446	0,78	0,16
Wold Aa	968	1,7	0,36
Ramelerleiding	140	0,25	0,05
Kolkwetering	124	0,22	0,05

3.3.4 Directe kwel oppervlaktewater

Voor het berekenen van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater via (directe) kwel is gebruikgemaakt van de kwelkaart van het waterschap (MIPWA_kwW) en de default stikstof- en fosforconcentraties van het kwelwater in de SWAP-ANIMO-rekenplots. De kwelkaart voor het noordelijke en zuidelijke studiegebied is weergegeven in Figuur 3.6.



Figuur 3.6 Kwel-/wegzijgingskaart voor het noordelijke en zuidelijke deel van het studiegebied op basis van de kwelkaart van het waterschap (MIPWA_kwW).

Voor het bepalen van de gemiddelde kwelflux naar het open water per vanggebied kan bovenstaande kaart niet een-op-een gebruikt worden. Omdat het de directe kwel naar het oppervlaktewater betreft, moeten ook alleen de kwelfluxen meegenomen worden die direct naar het open water gaan. Voor het selecteren van deze gebieden is gebruikgemaakt van LGN7.

Voor het bepalen van de gemiddelde N- en P-concentraties van het kwelwater is gebruikgemaakt van defaultwaarden van de SWAP-ANIMO-rekenplots die per vanggebied bekend zijn. Hierbij worden alleen de SWAP-ANIMO-rekenplots geselecteerd waarvoor een netto kwelflux wordt berekend.

Nadat de gemiddelde kwelflux per vanggebied is afgeleid en de bijbehorende N- en P-concentraties, is de N- en P-vracht naar het oppervlaktewater afgeleid (Tabel 3.12). Voor de vanggebieden Drentse Kanalen en Meppelerdiep wordt een netto wegzijging berekend en is de N- en P-vracht naar het oppervlaktewater via de directe kwelflux nul. De grootste kwelvracht naar het oppervlaktewater wordt berekend voor het vanggebied Oude Vaart (N-vracht 3.715 kg jaar⁻¹, P-vracht van 322 kg jaar⁻¹).

De ammoniumvracht varieert van 53 kg NH₄ per jaar (Wold Aa) en 1.250 kg NH₄ per jaar (Oude Vaart) en bedraagt 34% tot 60% van de totale stikstofbelasting van het oppervlaktewater met stikstof vanuit directe kwel.

Tabel 3.12 Nutriëntenbelasting (stikstof, ammonium en fosfor) in kg jaar⁻¹ van het oppervlaktewater via directe kwel, berekend op basis van het areaal open water, kwelflux en nutriëntenconcentraties van het kwelwater op jaarbasis.

Vanggebied	Areaal open water	Kwelflux	N-conc.	NH ₄ -conc	P-conc	N-vracht	NH ₄ -vracht	P-vracht
	ha	mm jaar ⁻¹	mg/l N	mg/l NH ₄	mg/l P	kg jaar ⁻¹	kg jaar ⁻¹	kg jaar ⁻¹
Drentse Kanalen	934	0	1,43	0,58	0,14	-	-	-
Meppelerdiep	188	0	3,07	1,28	0,16	-	-	-
Nieuwe Wetering Benedenloop	23,1	619	1,19	0,71	0,14	170	101	19,7
Nieuwe Wetering Bovenloop	1,9	357	0,93	0,50	0,13	6,5	3,5	0,89
Oude Diep	64,9	393	0,98	0,58	0,14	251	147	34,8
Oude Vaart	346	641	1,68	0,56	0,15	3.715	1.250	322
Raalterwetering	65,8	1.353	1,21	0,67	0,14	1.078	593	121
Reest	35,8	1.816	2,18	0,92	0,15	1.414	599	96,3
Wold Aa	216	38	1,35	0,63	0,14	112	53	11,9

3.4 Inlaat en afwenteling

Naast de punt- en diffuse bronnen wordt een waterlichaam belast met nutriënten door inlaatwater en water dat van bovenstroomse wateren op het waterlichaam wordt afgewenteld. De hoeveelheid nutriënten dat wordt aangevoerd via inlaatwater of via afwenteling in het vanggebied terechtkomt, is berekend door de hoeveelheid inlaatwater te vermenigvuldigen met gemeten nutriëntenconcentraties. In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de situatie in de winter en in de zomer.

Studiegebied Noord: zomersituatie

De hoeveelheid water die in de zomerperiode in het noordelijke deel wordt aangevoerd, kan door het waterschap moeilijk worden ingeschat vanwege de complexiteit van het aan- en afvoersysteem en de beperkingen van de beschikbare meetgegevens. Daarom is hiervoor een schatting van een onder- en boven marge aangehouden (zie Tabel 2.7 hoofdstuk 2). Dit wordt aangeduid als een lichte en zware variant. In overleg met het waterschap zijn de in Tabel 3.13 opgenomen meetpunten geselecteerd die representatief zijn voor de kwaliteit van het aangevoerde water. De inkomende stikstof-, ammonium- en fosforvracht is vervolgens berekend door de gemeten nutriëntenconcentraties (Tabel 3.13) te vermenigvuldigen met de hoeveelheid inlaatwater voor de variant licht, variant zwaar en het gemiddelde hiervan. Het resultaat is weergegeven in Tabel 3.14.

Tabel 3.13 Meetpunten per vanggebied die representatief zijn geacht voor de kwaliteit van het aangevoerde water met bijbehorende reeks en gemiddelde N-, ammonium- en P-concentratie (mg/l) in de zomerperiode.

Vanggebied	Meetpunten	Periode metingen	N-concentratie	NH ₄ -concentratie	P-concentratie
			mg/l	mg/l	mg/l
Drentse Kanalen	1MEPD40	2011-2017	2,43	0,18	0,15
	1ZUIW70	2011-2017	2,22	0,13	0,18
	1HOVV20	2011-2017	2,93	0,26	0,22
Meppelerdiep	1MEPD40	2011-2017	2,43	0,18	0,15
Oude Diep	1LIHK50	2011, 2012, 2014-2016	2,32	0,31	0,45
Oude Vaart	1ORAK80	2011-2017	2,55	0,12	0,10
	1ORAK50	2011-2017	2,63	0,15	0,09
	1BEIV20	2011-2014	2,40	0,16	0,24
Reest	1REES10	2001	3,21	1,04	0,46
	8hkv25	2002, 2006-2008	2,84	0,21	0,23
	8BORE10	2015	3,10	1,00	0,26
Wold Aa	1MEPD40	2011-2017	2,43	0,18	0,15

Tabel 3.14 Hoeveelheid inlaatwater en bijhorende stikstof-, ammonium- en fosforvracht naar oppervlaktewater.

Vanggebied	Variant	Inlaatdebiet (mm)	N-vracht (ton jaar ⁻¹)	Ammonium (ton/jaar)	P-vracht (ton jaar ⁻¹)
Drentse Kanalen	Licht	64	67,0	5,1	4,8
	Gemiddeld	85	89,2	6,8	6,4
	Zwaar	106	111	8,4	8,0
Meppelerdiep	Licht	133	5,7	0,41	0,35
	Gemiddeld	158	6,7	0,49	0,42
	Zwaar	182	7,7	0,57	0,48
Oude Diep	Licht	60	6,2	0,93	1,3
	Gemiddeld	83	8,6	1,3	1,8
	Zwaar	106	11,0	1,6	2,2
Oude Vaart	Licht	76	40,4	2,3	2,1
	Gemiddeld	97	51,0	2,0	2,6
	Zwaar	117	61,6	3,5	3,1
Reest	Licht	89	17,1	4,7	1,4
	Gemiddeld	108	20,7	5,7	1,7
	Zwaar	127	24,3	6,7	2,0
Wold Aa	Licht	88	27,6	2,0	1,7
	Gemiddeld	101	31,6	2,3	2,0
	Zwaar	113	35,7	2,6	2,2

Studiegebied Noord: wintersituatie

Voor de winterperiode is aangenomen dat er geen water wordt aangevoerd, maar dat er alleen sprake is van afwenteling tussen de vanggebieden. Dit betekent dat alleen voor het vanggebied van het Meppelerdiep en de Drentse Kanalen een inkomende vracht is afgeleid. De inkomende vracht is afgeleid op basis van modelberekeningen (Tabel 3.15). Hierbij dient opgemerkt te worden dat de inkomende ammoniumvracht een onderschatting is, omdat niet voor alle bronnen de ammoniumbelasting bekend is. Omdat voor de belangrijkste bronnen (uit- en afspoeling landelijk gebied, RWZI's, inlaat/afwenteling en directe kwel naar het oppervlaktewater) de ammoniumvracht bekend is, is de verwachting dat de onderschatting beperkt zal zijn. De gemiddelde inkomende ammoniumvracht is in tegenstelling tot stikstof en fosfor niet het gemiddelde over de periode 2011-2017, maar van de periode 2015-2017, omdat er voor de periode 2011-2014 geen volledige informatie beschikbaar is.

Tabel 3.15 Gemiddelde inkomende stikstof, ammonium- en fosforvracht (ton jaar⁻¹) voor de periode 2011-2017 op basis van modelberekeningen voor de winterperiode.

Vanggebied	Herkomst inkomende vracht	N-vracht (ton jaar ⁻¹)	Ammonium ¹ (ton jaar ⁻¹)	P-vracht (ton jaar ⁻¹)
Drentse Kanalen	Oude Diep	51,3	3,5	3,1
Meppelerdiep	Drentse Kanalen	510	37,7	34,0
	Oude Vaart	204	14,4	16,3
	Reest	68,3	5,3	5,1
	Wold Aa	89,1	5,8	5,1
	Totaal	871	63,2	60,5

¹ Gemiddelde voor de periode 2015-2017.

Studiegebied Zuid: zomersituatie

Voor de vanggebieden in studiegebied Zuid is de hoeveelheid inlaatwater/aanvoer in de zomerperiode bepaald op basis van modelberekeningen, meetgegevens en expert judgement.

Inlaat Overijssels kanaal

Voor alle vanggebieden in het zuidelijke deel van het studiegebied wordt in de zomerperiode water ingelaten vanuit het Overijssels kanaal. Omdat hiervoor geen debietmetingen beschikbaar zijn, is de hoeveelheid inlaatwater door het waterschap geschat op 50 mm per jaar. Op basis van deze inschatting en metingen die representatief zijn voor de kwaliteit van het ingelaten water, is een inkomende vracht afgeleid voor de vanggebieden (Tabel 3.16).

Tabel 3.16 Inkomende stikstof, ammonium- en fosforvracht (ton jaar⁻¹) voor de vijf vanggebieden op basis van de gemeten N-, NH₄- en P-concentraties van het inlaatwater (mg/L) met een inlaatdebiet van 50 mm jaar⁻¹.

Vanggebied	Meetpunt	Inlaat-debiet mm jaar ⁻¹	N-gehalte mg/l	NH ₄ -gehalte mg/L	P-gehalte mg/l	N-vracht ton jaar ⁻¹	NH ₄ -vracht ton/jaar ⁻¹	P-vracht ton jaar ⁻¹
Raalterwetering	3SZV99	50	2,76	0,14	0,10	5,3	0,31	0,20
Kolkwetering	3SZV99	50	2,76	0,14	0,10	1,8	0,11	0,07
Nieuwe Wetering	3SZV99	50	2,76	0,14	0,10	2,0	0,12	0,08
Benedenloop								
Ramelerleiding	3VDR12	50	1,97	0,11	0,06	1,4	0,08	0,04
Nieuwe Wetering	3VDR12	50	1,97	0,11	0,06	2,2	0,13	0,07
Bovenloop								

Inlaat gemaal Rietberg

Voor de vanggebieden Nieuwe Wetering Bovenloop en Nieuwe Wetering Benedenloop wordt ook nog water aangevoerd via gemaal Rietberg. Dit water is afkomstig van de Soestwetering. De totale inkomende stikstof- en fosforvracht die wordt aangevoerd via gemaal Rietberg is 0,033 ton N jaar⁻¹, 0,002 ton NH₄ jaar⁻¹ en 0,002 ton P jaar⁻¹. Aangenomen is dat 50% van het inlaatwater naar de Nieuwe Wetering Bovenloop gaat en 50% naar de Nieuwe Wetering Benedenloop.

Afwenteling

De vanggebieden Nieuwe Wetering Benedenloop en Nieuwe Wetering Bovenloop ontvangen ook nog water via bovenstrooms gelegen vanggebieden. De hoeveelheid nutriënten die wordt aangevoerd is afgeleid op basis van modelberekeningen (Tabel 3.17). Hierbij dient opgemerkt te worden dat de inkomende ammoniumvracht een onderschatting is, omdat niet voor alle bronnen de ammoniumbelasting bekend is. Omdat voor de belangrijkste bronnen (uit- en afspoeling landelijk gebied, RWZI's, inlaat/afwenteling en directe kwel naar het oppervlaktewater) de ammoniumvracht bekend is, is de verwachting dat de onderschatting beperkt zal zijn. De gemiddelde inkomende ammoniumvracht is in tegenstelling tot stikstof en fosfor niet het gemiddelde over de periode 2011-2017, maar van de periode 2015-2017, omdat er voor de periode 2011-2014 geen volledige informatie beschikbaar is.

Tabel 3.17 Gemiddelde inkomende stikstof-, ammonium- en fosforvracht (ton jaar⁻¹) voor de periode 2011-2017 op basis van modelberekeningen.

Vanggebied	Herkomst inkomende vracht	N-vracht (ton jaar ⁻¹)	Ammonium (ton jaar ⁻¹)	P-vracht (ton jaar ⁻¹)
Nieuwe Wetering Bovenloop	Ramelerleiding ¹	2,6	0,19	0,19
	Raalterwetering ²	0,24	0,03	0,02
	Totaal	2,8	0,22	0,21
Nieuwe Wetering Benedenloop	Kolkwetering ¹	1,8	0,11	0,12
	Raalterwetering ³	13,1	1,55	1,1
	Totaal	14,9	1,66	1,2

¹ 45% van de totale uitgaande stikstof- en fosforvracht.

² 1% van de totale uitgaande stikstof- en fosforvracht.

³ 55% van de totale uitgaande stikstof- en fosforvracht.

Op basis van de bovenstaande informatie is de totale inkomende vracht in het zomerhalfjaar bepaald voor de vijf vanggebieden (Tabel 3.18).

Tabel 3.18 Inkomende stikstof- en fosforvracht (ton jaar⁻¹) voor de vijf vanggebieden op basis van de gemeten N- en P-concentraties van het inlaatwater (mg/l) met een inlaatdebiet van 50 mm jaar⁻¹.

Vanggebied	Overijssels kanaal (ton.jaar ⁻¹) ton jaar ⁻¹	Gemaal Rietberg (ton.jaar ⁻¹) ton jaar ⁻¹	Afwenteling (ton.jaar ⁻¹) ton jaar ⁻¹	Totaal (ton.jaar ⁻¹) ton jaar ⁻¹
Stikstof				
Raalterwetering	5,3	-	-	5,3
Kolkwetering	1,8	-	-	1,8
Nieuwe Wetering Benedenloop	2,0	0,016	14,9	17,0
Ramelerleiding	1,4	-	-	1,4
Nieuwe Wetering Bovenloop	2,2	0,016	2,8	5,0
Ammonium				
Raalterwetering	0,31			0,31
Kolkwetering	0,11			0,11
Nieuwe Wetering Benedenloop	0,12	0,001	1,66	1,78
Ramelerleiding	0,08			0,08
Nieuwe Wetering Bovenloop	0,13	0,001	0,22	0,35
Fosfor				
Raalterwetering	0,20	-	-	0,20
Kolkwetering	0,07	-	-	0,07
Nieuwe Wetering Benedenloop	0,08	0,001	1,2	1,28
Ramelerleiding	0,04	-	-	0,04
Nieuwe Wetering Bovenloop	0,07	0,001	0,21	0,28

Studiegebied Zuid: wintersituatie

Voor de winterperiode is aangenomen dat er geen water wordt aangevoerd, maar dat er alleen sprake is van afwenteling tussen de vanggebieden. Dit betekent dat alleen voor het vanggebied van de Nieuwe Wetering Bovenloop en Nieuwe Wetering Bovenloop een inkomende vracht is afgeleid. De inkomende vracht is afgeleid op basis van modelberekeningen (Tabel 3.19). Hierbij dient opgemerkt te worden dat de inkomende ammoniumvracht een onderschatting is, omdat niet voor alle bronnen de ammoniumbelasting bekend is. Omdat voor de belangrijkste bronnen (uit- en afspoeling landelijk gebied, RWZI's, inlaat/afwenteling en directe kwel naar het oppervlaktewater) de ammoniumvracht bekend is, is de verwachting dat de onderschatting beperkt zal zijn. De gemiddelde inkomende ammoniumvracht is in tegenstelling tot stikstof en fosfor niet het gemiddelde over de periode 2011-2017, maar van de periode 2015-2017, omdat er voor de periode 2011-2014 geen volledige informatie beschikbaar is.

Tabel 3.19 Gemiddelde inkomende stikstof, ammonium- en fosforvracht (ton jaar⁻¹) voor de periode 2011-2017 op basis van modelberekeningen.

Vanggebied	Herkomst inkomende vracht	N-vracht (ton jaar ⁻¹)	NH ₄ -vracht (ton jaar ⁻¹)	P-vracht (ton jaar ⁻¹)
Nieuwe Wetering Bovenloop	Ramelerleiding	15,0	1,0	0,94
Nieuwe Wetering Benedenloop	Kolkwetering	8,6	0,48	0,46

3.5 Stikstof- en fosforbalans

3.5.1 Nutriëntenbelasting zomerperiode

N-totaal en P-totaal

De stikstof- en fosforbelasting van alle bronnen zijn per deelgebied gesommeerd voor het zomerhalfjaar en uitgedrukt in kg ha^{-1} per jaar per vanggebied. De resultaten voor stikstof en fosfor zijn in Figuur 3.7 en Figuur 3.8 weergegeven, waarbij een aantal bronnen is samengevoegd. In Bijlage 4 zijn de achterliggende getallen weergegeven.

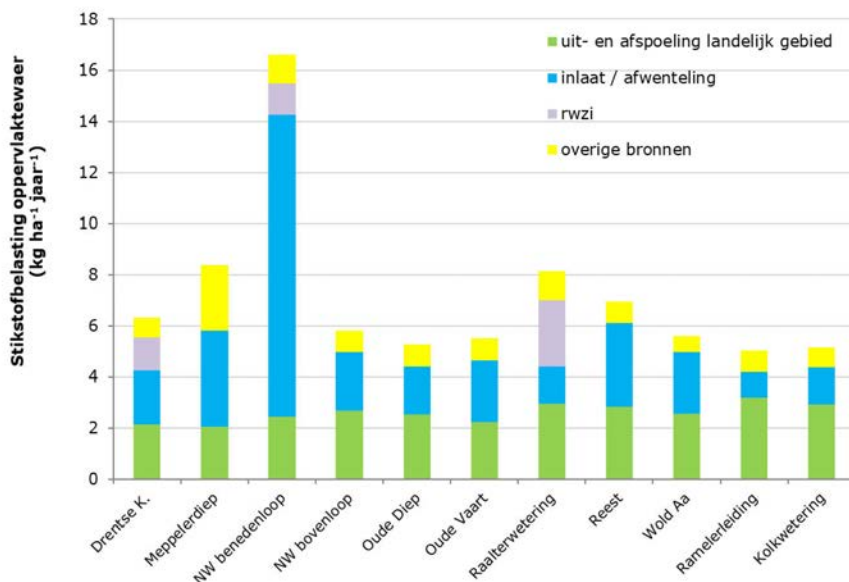
De spreiding van de stikstofbelasting in het zomerhalfjaar van het oppervlaktewater in de periode 2011-2017 tussen de gebieden is beperkt ($5,0\text{-}8,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) wanneer het vanggebied van de Nieuwe Wetering Benedenloop niet wordt meegenomen (gemiddeld $6,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$). De gemiddelde stikstofbelasting voor het vanggebied Nieuwe Wetering Benedenloop is groter dan $16,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Dit wordt met name veroorzaakt door de hoge aanvoer van stikstof via inlaatwater en afwenteling vanuit bovenstroomse vanggebieden.

De belangrijkste bronnen voor de stikstofbelasting is de uit- en afspoeling uit het landelijk gebied, inlaat/afwenteling en voor een beperkt aantal waterlichamen ook RWZI's. Deze drie bronnen dragen voor meer dan 80% bij aan de totale stikstofbelasting van het oppervlaktewater. Alleen voor het vanggebied Meppelerdiep is de gezamenlijke bijdrage lager (69%). Dit kan verklaard worden doordat 42% van het areaal uit stedelijk gebied bestaat en waardoor de bijdrage van de uit- en afspoeling uit stedelijk gebied relatief hoog is.

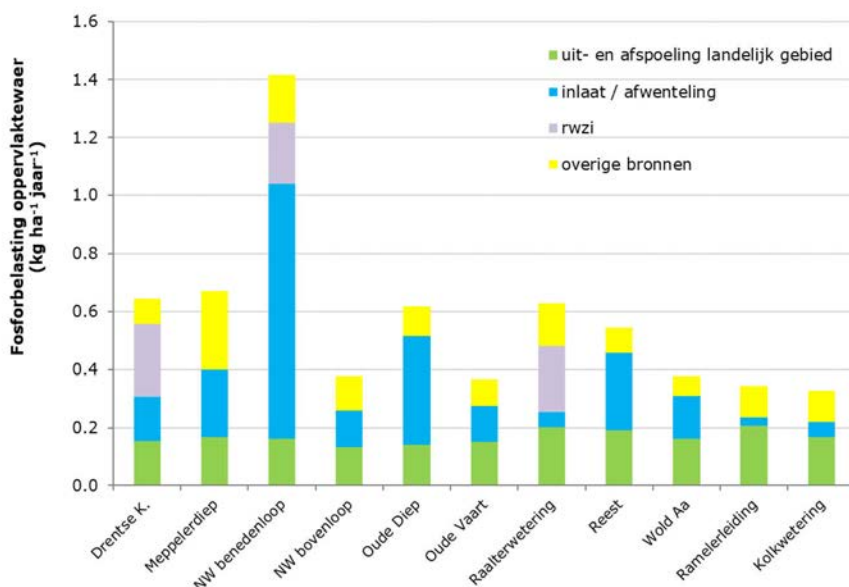
De gemiddelde totale fosforbelasting van het oppervlaktewater in de periode 2011-2017 is $0,49 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ (exclusief Nieuwe Wetering Benedenloop), variërend van $0,33$ tot $0,67 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Voor de Nieuwe Wetering Benedenloop wordt een totale fosforbelasting berekend van $1,42 \text{ kg ha}^{-1}$.

Ook voor fosfor zijn de uit- en afspoeling uit het landelijk gebied, RWZI's (deels) en inlaat/afwenteling de belangrijkste bronnen voor de totale fosforbelasting van het oppervlaktewater. De gezamenlijke bijdrage van deze drie bronnen ligt tussen de 60 en 90%. De fosforbelasting van de overige bronnen is met name afkomstig van de uit- en afspoeling uit stedelijk gebied.

Uit Figuur 3.7 en Figuur 3.8 blijkt dat inlaatwater en/of afwenteling een belangrijke bijdrage levert aan de totale belasting. Wanneer sprake is van afwenteling moet in ogenschouw worden genomen dat deze afkomstig zijn van bronnen uit het 'bovenstrooms' gelegen vanggebied en dus o.a. de uit- en afspoeling uit landbouwgronden betreft, maar ook de 'lokale' RWZI's. Op basis van Figuur 3.7 en 3.8 lijkt het dat de RWZI's slechts in drie gebieden een bijdrage leveren, terwijl in werkelijkheid de RWZI's ook andere vanggebieden via afwenteling beïnvloeden. In hoofdstuk 4 wordt hier nader op ingezoomd.



Figuur 3.7 Stikstofbelasting (kg ha^{-1}) oppervlaktewater zomerhalfjaar voor de periode 2011-2017, onderverdeeld naar de bijdrage van uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden, inlaat en afwenteling, RWZI's en overige bronnen.⁶



Figuur 3.8 Gemiddelde fosforbelasting (kg ha^{-1}) van het oppervlaktewater in het zomerhalfjaar voor de periode 2011-2017, onderverdeeld naar de bijdrage van uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden, inlaat/afwenteling, RWZI's en overige bronnen.

Ammonium

Naast de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater is ook de ammoniumbelasting van het oppervlaktewater in beeld gebracht (Tabel 3.20). De ammoniumbelasting varieert van 17,4 ton jaar⁻¹ voor het vanggebied Drentse Kanalen tot 0,52 ton jaar⁻¹ voor de Ramelerleiding. Voor ammonium is het niet mogelijk om een zuivere vergelijking te maken tussen de verschillende balanstemen, omdat niet voor alle bronnen de benodigde informatie beschikbaar is. Wel is mogelijk om de ammoniumbelasting vanuit het landelijk gebied en de RWZI's naast elkaar te leggen (Drentse Kanalen, Raalterwetering en Nieuwe Wetering Benedenloop).

⁶ De overige bronnen zijn met name erfafspoeling, industriële lozingen, atmosferische stikstofdepositie open water, uitspoeling stedelijk gebied en directe kwel naar het oppervlaktewater.

Voor de Drentse Kanalen en Nieuwe Wetering Benedenloop is de bijdrage van dezelfde orde van grootte, voor de Raalterwetering is de bijdrage van de RWZI aan de ammoniumbelasting van het oppervlaktewater significant hoger dan de bijdrage van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden.

Tabel 3.20 Gemiddelde ammoniumbelasting (ton jaar⁻¹) voor de periode 2015-2017 voor het zomerhalfjaar.

Vanggebied	Uit- en afspoeling ton jaar ⁻¹	RWZI ton jaar ⁻¹	Inlaat/afwenteling ton jaar ⁻¹	Directe kwel ton jaar ⁻¹	Totaal ton jaar ⁻¹
Drentse Kanalen	6,81	6,59 ¹	6,75		17,4
Meppelerdiep	0,73		0,49		1,25
Nieuwe Wetering Benedenloop	0,45	0,64 ²	1,78	0,05	2,66
Nieuwe Wetering Bovenloop	0,38		0,34	0,00	0,73
Oude Diep	0,97		1,28	0,07	2,35
Oude Vaart	3,91		2,92	0,63	7,55
Raalterwetering	1,26	2,84 ³	0,31	0,30	3,55
Reest	2,50		5,68	0,30	8,56
Wold Aa	3,02		2,31	0,03	5,45
Ramelerleiding	0,43		0,08		0,52
Kolkwetering	0,32		0,11		0,44

¹ RWZI's Beilen, Meppel, Dieverbrug, Echten en Smilde.

² RWZI Heino.

³ RWZI Raalte.

3.5.2 Nutriëntenbelasting winterperiode

N-totaal en P-totaal

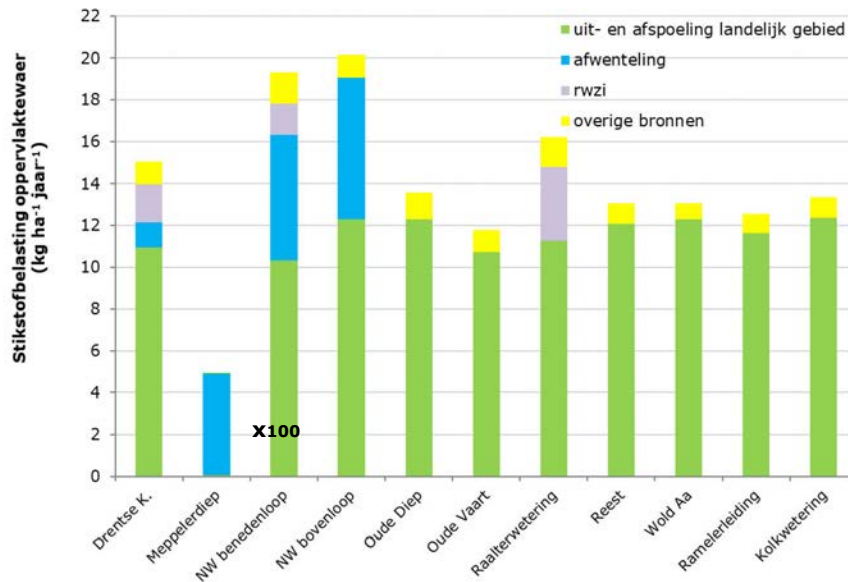
De bijdrage van de bronnen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater in het winterhalfjaar laten een ander beeld zien dan in de zomersituatie (Figuur 3.9 en Figuur 3.10).

De stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de vanggebieden ligt tussen de 10 en 20 kg ha⁻¹ per winterhalfjaar. Uitzondering hierop is het vanggebied Meppelerdiep, dat een stikstofbelasting van ca. 500 kg ha⁻¹ per winterhalfjaar heeft. De extreem hoge waarde wordt veroorzaakt doordat alle vanggebieden in het noordelijke deel van het studiegebied (Drentse Kanalen, Oude Diep, Oude Vaart, Reest en Wold Aa) direct of indirect afwentelen op het Meppelerdiep.

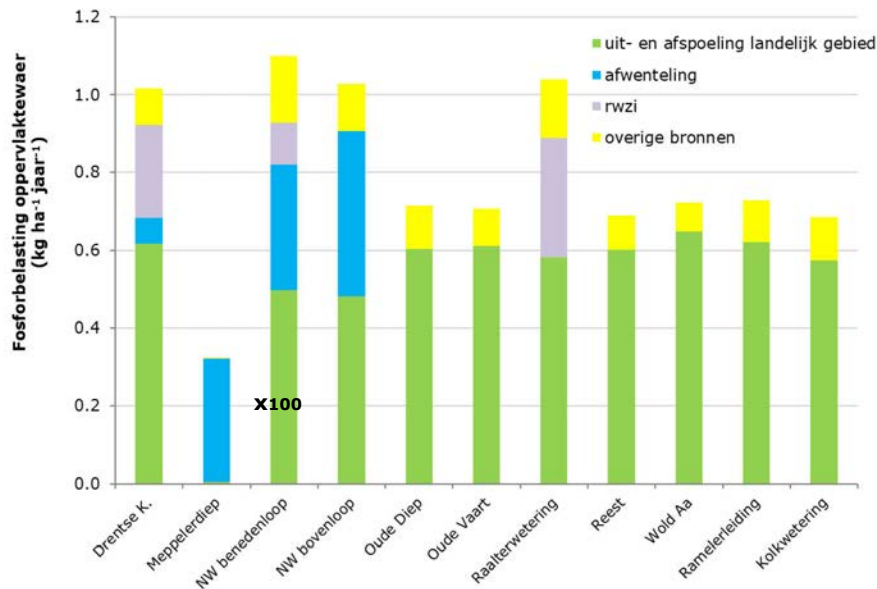
De fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de vanggebieden (m.u.v. het Meppelerdiep) varieert van 0,69 tot 1,3 kg P ha⁻¹ winterhalfjaar⁻¹. Ook voor fosfor zijn de uit- en afspoeling uit het landelijk gebied, afwenteling (geen inlaat) en deels RWZI's de belangrijkste bronnen voor de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater.

De uit- en afspoeling uit het landelijk gebied (landbouw- en natuurgronden) is, met uitzondering van het Meppelerdiep, de belangrijkste bron voor de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Voor de vanggebieden Nieuwe Wetering Benedenloop en Nieuwe Wetering Bovenloop is ook afwenteling een belangrijke bron van nutriënten. De lokale RWZI's leveren een bijdrage aan de stikstofbelasting in de vanggebieden Drentse Kanalen, Nieuwe Wetering Benedenloop en Raalterwetering met respectievelijk 12%, 8% en 22%.

De aanvoer van nutriënten via afwenteling levert in de winter een belangrijke bijdrage. Bij een nadere analyse van de herkomst (zie hoofdstuk 4) wordt deze aanvoer opgesplitst in de bronnen die in het bovenstroomse gebied bijdragen aan deze afwenteling.



Figuur 3.9 Gemiddelde stikstofbelasting (kg ha^{-1}) van het oppervlaktewater in het winterhalfjaar voor de periode 2011-2017, onderverdeeld naar de bijdrage van uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden, inlaat/afwenteling, RWZI's en overige bronnen.



Figuur 3.10 Gemiddelde fosforbelasting (kg ha^{-1}) van het oppervlaktewater in het winterhalfjaar voor de periode 2011-2017, onderverdeeld naar de bijdrage van uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden, inlaat/afwenteling, RWZI's en overige bronnen.

Ammonium

Naast de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater is ook de ammoniumbelasting van het oppervlaktewater in beeld gebracht (Tabel 3.21). De ammoniumbelasting varieert van de 64,8 ton jaar^{-1} voor het vanggebied Meppelerdiep tot 0,95 ton voor de Ramelerleiding. Voor ammonium is het niet mogelijk om een zuivere vergelijking te maken tussen de verschillende balanstemen, omdat niet voor alle bronnen de benodigde informatie beschikbaar is. Wel is mogelijk om de ammoniumbelasting vanuit het landelijk gebied en de RWZI's naast elkaar te leggen (Drentse Kanalen, Raalterwetering en Nieuwe Wetering Benedenloop). De bijdrage van de RWZI's in de winterperiode zijn lager dan de bijdrage van de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden, voor het vanggebied Raalterwetering is het verschil kleiner dan voor de vanggebieden Drentse kanalen en Nieuwe Wetering Benedenloop.

Tabel 3.21 Gemiddelde ammoniumbelasting (ton jaar⁻¹) voor de periode 2015-2017 voor het winterhalfjaar.

Vanggebied	Uit- en afspoeling	RWZI	Inlaat/afwenteling	Directe kwel	Totaal
	ton jaar ⁻¹	ton jaar ⁻¹	ton jaar ⁻¹	ton jaar ⁻¹	ton jaar ⁻¹
Drentse Kanalen	25,3	18,4	3,5		47,1
Meppelerdiep	1,7		63,2		64,8
Nieuwe Wetering Benedenloop	1,3	0,59	0,48	0,05	2,4
Nieuwe Wetering Bovenloop	1,2		1,0	0,00	2,2
Oude Diep	4,2		-	0,07	4,3
Oude Vaart	16,9		-	0,63	17,5
Raalterwetering	3,5	3,2	-	0,30	7,0
Reest	6,0		-	0,30	6,3
Wold Aa	11,6		-	0,03	11,7
Ramelerleiding	1,2		-		1,2
Kolkwetering	0,95		-		0,95

3.5.3 Retentie

Om te bepalen hoeveel nutriënten het vanggebied verlaten (met het oog op de toetsing, zie volgend onderdeel), is het belangrijk om rekening te houden met retentie in het oppervlaktewater (zie paragraaf 2.4.7).

Voor het afleiden van de retentie wordt onderscheid gemaakt tussen vrij afwaterende gebieden, overgangsgebieden en poldersystemen. In Bijlage 5 is een uitgebreide beschrijving van de methode gegeven. Tabel 3.22 geeft per vanggebied aan welke categorie voor retentie is gehanteerd en welke rekenmethode voor de retentie is gebruikt. De per vanggebied berekende retentie is weergegeven in Tabel 3.23. De retentiefactoren voor de uit- en afspoeling uit het landelijk gebied zijn verder uitgesplitst naar het zomer- en winterhalfjaar. Voor de diffuse bronnen is geen onderscheid gemaakt tussen de zomer- en winterperiode. Voor ammonium is op dit moment onvoldoende informatie beschikbaar om de retentie af te leiden en daarnaast is niet voor alle bronnen de ammoniumvrucht bekend.

Tabel 3.22 Methodiek voor het afleiden van retentiefactoren per vanggebied.

Vanggebied	Type gebied	Uit- en afspoeling landelijk gebied	Diffuse bronnen (stikstof en fosfor)
Drentse Kanalen	Vrij afwaterend	'Specifieke' afvoer	Vaste retentiefactor
Meppelerdiep	Zandige polder	Vaste retentiefactor	Vaste retentiefactor
Nieuwe Wetering Benedenloop	Overgangsgebied	Vaste retentiefactor	Vaste retentiefactor
Nieuwe Wetering Bovenloop	Vrij afwaterend	'Specifieke' afvoer	Vaste retentiefactor
Oude Diep	Vrij afwaterend	'Specifieke' afvoer	Vaste retentiefactor
Oude Vaart	Vrij afwaterend	'Specifieke' afvoer	Vaste retentiefactor
Raalterwetering	Vrij afwaterend	'Specifieke' afvoer	Vaste retentiefactor
Reest	Vrij afwaterend	'Specifieke' afvoer	Vaste retentiefactor
Wold Aa	Overgangsgebied	Vaste retentiefactor	Vaste retentiefactor
Ramelerleiding	Vrij afwaterend	'Specifieke' afvoer	Vaste retentiefactor
Kolkwetering	Overgangsgebied	Vaste retentiefactor	Vaste retentiefactor

Tabel 3.23 Retentiefactoren voor stikstof en fosfor voor de uit- en afspoeling uit het landelijk gebied (uitgesplitst naar de winter- en zomerperiode) en de retentiefactoren voor de diffuse bronnen.

Vanggebied	Uit- en afspoeling (stikstof)		Uit- en afspoeling (fosfor)		Diffuse bronnen (stikstof en fosfor)
	Winter	Zomer	Winter	Zomer	
Drentse Kanalen	0,20	0,38	0,04	0,22	0,20
Meppelerdiep	0,50	0,50	0,50	0,50	0,20
Nieuwe Wetering Benedenloop	0,50	0,50	0,50	0,50	0,20
Nieuwe Wetering Bovenloop	0,16	0,21	0,01	0,09	0,20
Oude Diep	0,19	0,26	0,03	0,12	0,20
Oude Vaart	0,18	0,19	0,02	0,07	0,20
Raalterwetering	0,17	0,22	0,02	0,09	0,20
Reest	0,17	0,16	0,01	0,05	0,20
Wold Aa	0,50	0,50	0,50	0,50	0,20
Ramelerleiding	0,16	0,20	0,01	0,08	0,20
Kolkwetering	0,50	0,50	0,50	0,50	0,20

Zeven vanggebieden zijn geclassificeerd als vrij afwaterend gebied. Dit betekent dat de retentie van stikstof en fosfor, die vanuit landbouw- en natuurgronden uitspoelt naar het oppervlaktewater, afhankelijk is van de 'specifieke afvoer' en dat de gemiddelde retentie voor puntbronnen is geschat op 20%. Voor de vanggebieden die als overgangsgebied of als 'zandige' polder zijn gedefinieerd, is voor de stikstof- en fosforbelasting via de uit- en afspoeling een vast retentiepercentage gebruikt van 50 (Kronvang et al., 2004) en voor de andere bronnen een vast retentiepercentage van 20.

3.5.4 Uitgaande nutriëntenvrucht

Op basis van de beschreven inkomende nutriëntenvruchten en retentie is per vanggebied de uitgaande nutriëntenvrucht berekend voor het zomer- en winterhalfjaar. De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel 3.24 (stikstof) en Tabel 3.25 (fosfor).

Tabel 3.24 Totale uitgaande stikstofvrucht ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) voor het zomer- en winterhalfjaar.

Vanggebied	Zomerperiode			Winterperiode		
	Totaal IN	Retentie	Totaal UIT	Totaal IN	Retentie	Totaal UIT
Drentse Kanalen	6,3	1,6	4,7	15,0	3,0	12,0
Meppelerdiep	8,4	2,3	6,1	498	102	396
Nieuwe Wetering Benedenloop	16,6	4,1	12,5	19,3	7,0	12,3
Nieuwe Wetering Bovenloop	5,8	1,2	4,6	20,2	3,6	16,6
Oude Diep	5,3	1,2	4,1	13,6	2,6	11,0
Oude Vaart	5,5	1,1	4,4	11,8	2,1	9,7
Raalterwetering	8,2	1,7	6,5	16,2	2,9	13,3
Reest	7,0	1,3	5,7	13,0	2,2	10,8
Wold Aa	5,6	1,9	3,7	13,1	6,3	6,8
Ramelerleiding	5,0	1,0	4,0	12,6	2,1	10,5
Kolkwetering	5,2	1,9	3,3	13,4	6,4	7,0

Tabel 3.25 Totale uitgaande fosforvrucht ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) voor het zomer- en winterhalfjaar.

Vanggebied	Zomerperiode			Winterperiode		
	Totaal IN	Retentie	Totaal UIT	Totaal IN	Retentie	Totaal UIT
Drentse Kanalen	0,64	0,13	0,51	1,02	0,22	0,80
Meppelerdiep	0,67	0,18	0,49	32,5	6,6	25,9
Nieuwe Wetering Benedenloop	1,42	0,33	1,09	1,10	0,37	0,73
Nieuwe Wetering Bovenloop	0,38	0,06	0,32	1,03	0,15	0,88
Oude Diep	0,62	0,11	0,51	0,71	0,10	0,61
Oude Vaart	0,37	0,05	0,32	0,71	0,06	0,65
Raalterwetering	0,63	0,10	0,53	1,04	0,14	0,90
Reest	0,55	0,08	0,47	0,69	0,05	0,64
Wold Aa	0,38	0,12	0,26	0,72	0,34	0,38
Ramelerleiding	0,34	0,04	0,30	0,73	0,07	0,66
Kolkwetering	0,33	0,12	0,21	0,69	0,31	0,38

De grootste uitgaande vrucht in de zomerperiode wordt berekend voor de Nieuwe Wetering Benedenloop ($12,5 \text{ kg N ha}^{-1}$) en is daarmee een factor 2 tot 3 hoger dan voor de andere vanggebieden. In dit vanggebied is de uitgaande vrucht in de zomer hoger is dan in de winter, bij alle andere vanggebieden is dit omgekeerd. De uitgaande vrucht voor het vanggebied Meppelerdiep is extreem hoog (396 kg ha^{-1}). Dit kan worden verklaard doordat in de winterperiode de vanggebieden Drentse Kanalen, Oude Vaart, Reest en Wold Aa afwentelen op het Meppelerdiep.

Ook voor fosfor wordt in het zomerhalfjaar de grootste P-belasting berekend voor het vanggebied Nieuwe Wetering Benedenloop ($1,09 \text{ kg P ha}^{-1}$) en is een factor 2 tot 5 keer hoger dan voor andere gebieden. Net als voor stikstof is de belasting in het zomerhalfjaar groter dan in de winterperiode. De uitgaande fosforvrucht varieert van 0,21 tot 1,09 in het zomerhalfjaar, tot 0,38 en 0,90 (exclusief Meppelerdiep) in het winterhalfjaar.

4 Validatie water en nutriëntenbalansen

4.1 Inleiding

Om een beeld te krijgen van de plausibiliteit van de uitgaande nutriëntenvrachten (bruto inkomende vracht minus retentie), zijn deze vergeleken met de uitgaande nutriëntenvrachten op basis van metingen. Niet voor alle vanggebieden is het mogelijk gebleken om een uitgaande vracht af te leiden op basis van metingen omdat er geen (representatieve) debiet- en/of geen kwaliteitsmeetpunten beschikbaar zijn (o.a. Ramelerleiding, Meppelerdiep), of dat het watersysteem zodanig complex dat geen vergelijking mogelijk is (o.a. Drentse Kanalen, Raalterwetering).

In het navolgende wordt achtereenvolgens ingegaan op de plausibiliteit van de berekende waterbalansen en de berekende stikstof- en fosforbalansen voor de deelgebieden Oude Vaart, Oude Diep, Wold Aa, Reest, Kolkwetering en Nieuwe Wetering Benedenloop. Voor ammonium is op dit moment onvoldoende informatie beschikbaar om de plausibiliteit vast te stellen.

4.2 Plausibiliteit waterbalans

Als eerste indicatie voor de plausibiliteit zijn de met ECHO berekende uitgaande debieten vergeleken met de gemeten debieten voor het zomer- en winterhalfjaar. Bij de interpretatie moet rekening worden gehouden dat met ECHO enkele waterbalanstermen niet worden meegenomen, namelijk de directe neerslag en verdamping op open water, rioolwater dat buiten de RWZI's op het oppervlaktewater wordt geloosd en af- en uitspoeling (drainage) in stedelijk gebied.

Verder moet bij de interpretatie rekening worden gehouden dat de meetreeksen voor de debieten niet voor alle vanggebieden compleet zijn (niet bemeten, gaten in meetreeks, zie Tabel 4.1) en dat het afleiden van debieten uit maalcijfers gepaard gaat met onzekerheden (Mulder et al., 2011).

Tabel 4.1 Vanggebieden die zijn meegenomen in de validatie, de daarvoor beschikbare en gebruikte meetlocaties voor het afleiden van de uitgaande debieten en de relatieve bijdrage van de stuwen en gemalen in de totaal uitgaande debieten.

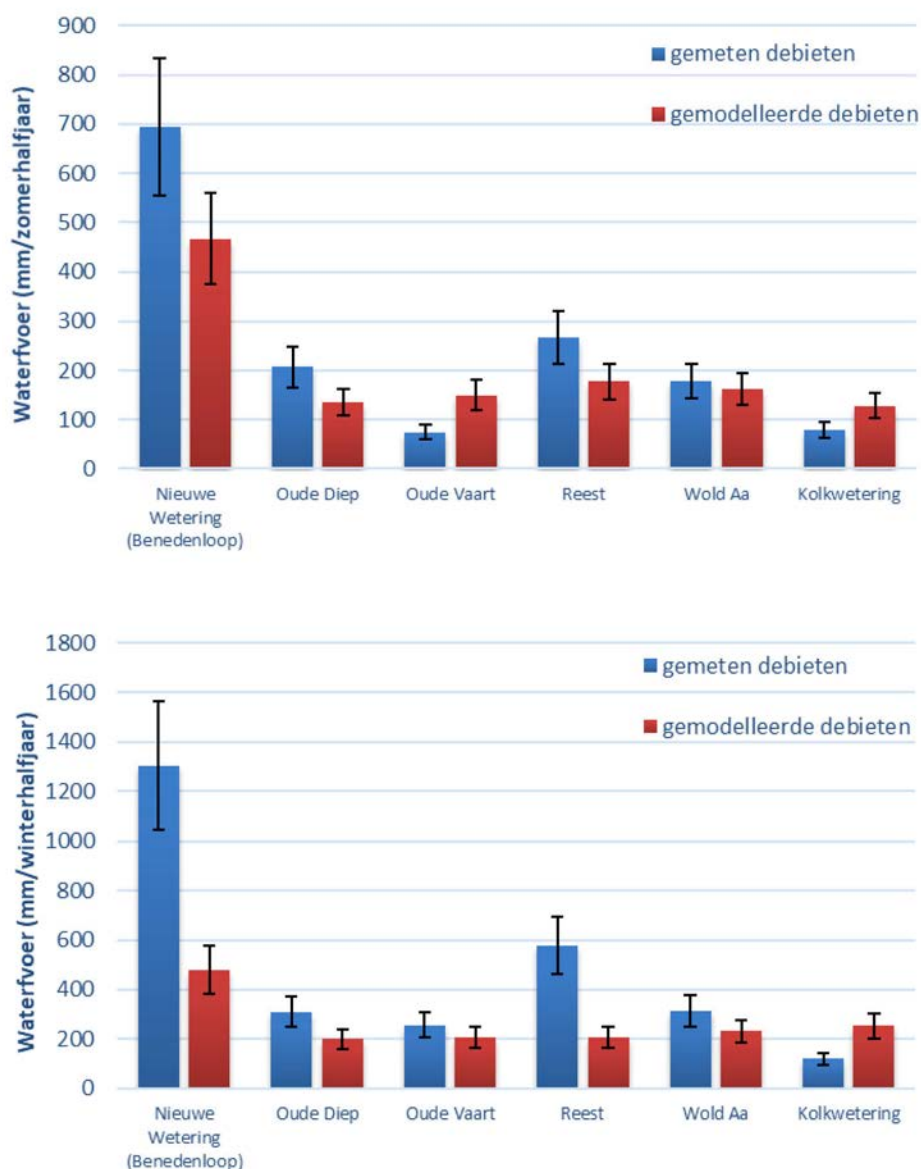
Vanggebied	Meetlocatie	Meet-periode	Opmerkingen	Gebruikte periode validatie	Relatieve bijdrage
Nieuwe Wetering Benedenloop	Stuw Langeslag	2012-2017	Afwenteling vanuit bovenstroomse gebieden	2013-2017	100%
Oude Diep	Stuw 328 Broekstreek	2004-2017 ¹⁾		2011-2017	18%
	Stuw 329 DE WEIDE	2004-2017 ¹⁾			14%
	Stuw 316_ECHTEN 2S	2004-2017			69%
Oude Vaart	Gemaal 412 LARIJWEG	2012-2017	Afvoer naar Wapserveensche	2011-2017	< 1%
	Stuw O_B_4	2005-2017 ¹⁾	Aa, Beilervaart en Drentsche		> 99%
	Gemaal 440 Haveltermade	2004-2017	Hoofdvaart ontbreken!		< 1%
Reest	616 Debietmeetpunt Reest	2005-2017 ¹⁾	Afvoer naar beheergebied	2011-2017	48%
	Stuw 558 REEST	2004-2017	Vechtstromen ontbreekt		51%
	Gemaal 406 Paardelanden	2010-2017			1%
Wold Aa	Gemaal 666 BLOEMEN	2010-2017	Afvoer naar Oude Vaart en	2011-2017	1%
	Stuw 658 BLIJDENSTEIN	2004-2017	Hoogeveense Vaart ontbreken		37%
	Gemaal 668_HAAKSOWLD	2007-2017			<1%
	Debietmeetpunt Wold Aa	2005-2017 ¹⁾			62%
Kolkwetering	Gemaal Den Alerdinck	2016-2017		2013-2017	10-20%
	Gemaal Grote Hagen	2013-2014			< 3%
	Stuw Zuthemerweg	2013-2017			> 90%

¹⁾ Reeks niet volledig, ca. 300 dagen met metingen (ca. 82% van totaal).

De water- en stoffenbalans is opgesteld voor de periode 2011-2017. Dit betekent dat niet voor alle locaties uit de tabel meetgegevens voor deze periode beschikbaar zijn. Voor vijf locaties zijn metingen beschikbaar van 2012 of later. Voor één meetpunt zijn geen metingen beschikbaar voor de periode na 2014. Op basis van de beschikbare gegevens zijn voor de zes deelgebieden verschillende perioden gebruikt voor de vergelijking. In Tabel 4.1 is per gebied ook aangegeven welke perioden in de validatie zijn gebruikt en welke bijdragen de betreffende stuwen en gemalen leveren aan de totaal uitgaande debieten.

Voor deelgebied Kolkwetering is het niet mogelijk om een vergelijking te maken, omdat er geen enkel jaar is dat er voor alle drie de locaties meetgegevens beschikbaar zijn. In Tabel 3.26 is per meetlocatie ook aangegeven voor welk aandeel van de totale afvoer het meetpunt representatief is.

In Figuur 4.1 is een vergelijking gemaakt tussen de gemeten debieten en gemodelleerde debieten, waarbij een onzekerheidsmarge is aangehouden van 20% (Mulder et al., 2011).

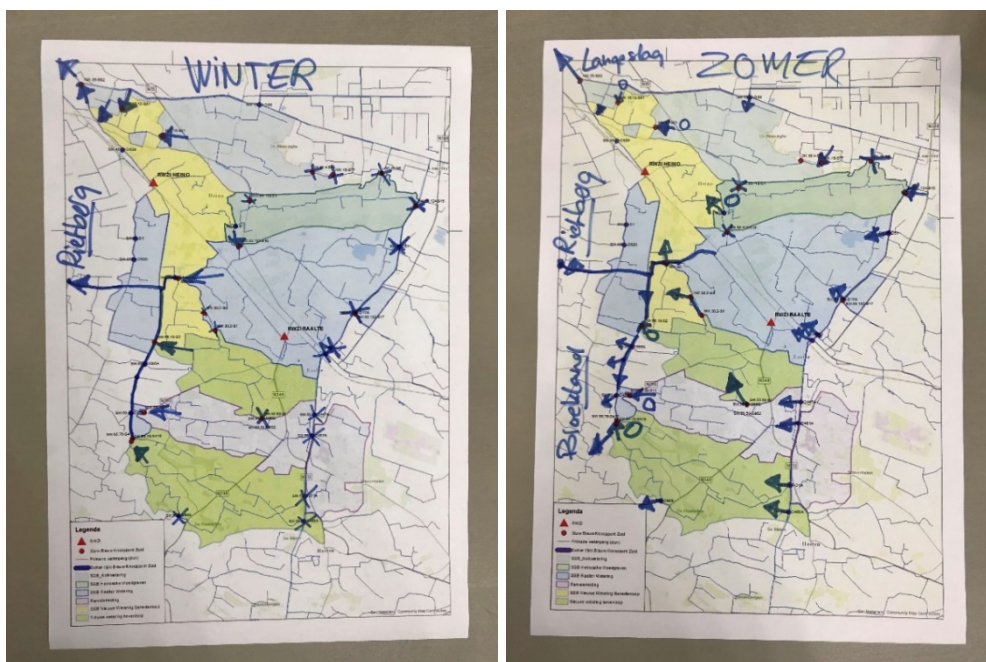


Figuur 4.1 Vergelijking tussen de gemodelleerde debieten en gemeten debieten (gemalen/stuwen). Bij de interpretatie moet er rekening mee worden gehouden dat bij de modelberekeningen enkele waterbalanstermen niet meeneemt, namelijk de directe neerslag en verdamping op open water, rioolwater dat buiten de RWZI's op het oppervlaktewater wordt geloosd en af- en uitspoeling (drainage) in stedelijk gebied.

Uit de resultaten blijkt dat de gemodelleerde debieten overwegend lager zijn dan de uit metingen afgeleide debieten. Dit is ook conform de verwachting, omdat in ECHO niet alle termen worden meegenomen. Op basis van Figuur 4.1 kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Voor de vanggebieden Oude Diep, Reest (zomerperiode), Oude Vaart (winterperiode) en Wold Aa lijken de resultaten plausibel.
- Voor de Kolkwetering (zomer en winter) en Oude Vaart (zomer) wordt met ECHO een hogere afvoer berekend. Op basis van de beschikbare meetgegevens is het lastig om een verklaring hiervoor te geven. Wanneer we kijken naar de afvoer, valt op dat deze voor de Kolkwetering (79 mm in de zomer en 120 mm in de winter) en voor Oude Vaart (75 mm in de zomer) beduidend lager is dan voor de andere gebieden. Mogelijk ontbreken er dus gegevens en/of zijn de meetgegevens niet compleet waardoor een vergelijking geen goede informatie geeft. Voor vanggebied de Oude Vaart is aangegeven (Tabel 3.25) dat de afvoer naar Wapserveense Aa, Beilervaart en Drentsche Hoofdvaart ontbreekt! Mogelijk verklaart dit voor Oude Vaart al een gedeelte van de onderschatting.
- Voor het vanggebied Nieuwe Wetering Benedenloop wordt de afvoer onderschat. Dit geldt met name voor de winterperiode en kan waarschijnlijk niet volledig verklaard worden doordat een aantal waterbalanstermen niet is meegenomen. Om een verklaring te zoeken, is het watersysteem voor dit deelgebied nader bekeken.

Voor validatie van de water (en nutriënten) van de Ramelerleiding, Raalterwetering en Nieuwe Wetering Bovenloop zijn de aannames voor de afwenteling sterk bepalend. De stromingsrichting in het zuidelijke deel van het stroomgebied is weergegeven in Figuur 4.2 voor de winter- en zomerperiode.



Figuur 4.2 Stromingsrichting in het zuidelijke deel van het studiegebied in de winterperiode (links) en zomerperiode (rechts) zoals aangeleverd door de hydrologen van het waterschap.

In de **winter** is er geen wateraanvoer vanuit de kanalen. De afvoer van de vanggebieden Nieuwe Wetering Benedenloop, Ramelerleiding en Raalterwetering komt samen in de koppelleiding, meestal onder vrij verval via stuw bij Rietberg in de Soestwetering.

In de zomer is er wateraanvoer vanuit Overijssels kanaal voor de Kolkwetering, Ramelerleiding, Raalterwetering en Nieuwe Wetering Bovenloop (zuidelijk deel). Via Ramelerleiding wordt de Nieuwe Wetering Bovenloop (zuidelijk deel) van water voorzien. De Nieuwe Wetering Benedenloop wordt in de zomer voor een deel gevoed uit het noordelijke deel van het vanggebied van de Raalterwetering (Heinose Vloedgraven). Daarnaast is er in de zomer ook wateraanvoer van gemaal Rietberg, opgepompt naar oost via Koppelleiding en in zuidelijke richting naar Broekland, i.v.m. drinkwaterwinning Boerhaar of in noordelijke richting naar de Nieuwe Wetering Benedenloop.

Uit deze informatie blijkt dat voor het vanggebied Nieuwe Wetering Bovenloop in de winterperiode alleen meetinformatie wordt geleverd vanuit de Kolkwetering. Water vanuit de Ramelerleiding, Raalterwetering en Nieuwe Wetering Bovenloop wordt afgevoerd via stuw Rietberg.

Omdat voor deze stuw metingen beschikbaar zijn, is het mogelijk om de gezamenlijke afvoer van de drie vanggebieden te vergelijken met de meetgegevens van stuw Rietberg. De berekende en gemeten afvoer bij die stuw Rietberg is weergegeven in Tabel 4.2.

Tabel 4.2 *Vergelijking van de berekende afvoer voor drie vanggebieden in de winterperiode met de 'gemeten' afvoer bij stuw Rietberg.*

Vanggebied	Miljoen m ³	Afvoer (mm)
		Mm
Nieuwe Wetering Bovenloop	4,4	60
Raalterwetering	11,5	157
Ramelerleiding	3,8	51
Totaal berekend	19,8	269
Stuw Rietberg	12,0	163 mm

Uit de tabel blijkt dat de berekende afvoer ca. 1,5x zo groot is als bij de stuw Rietberg wordt gemeten. De vraag is in hoeverre het terecht is dat in de winterperiode de afvoer vanuit de drie vanggebieden in zijn geheel wordt afgevoerd via de stuw Rietberg of dat er een deel van het water alsnog wordt afgevoerd naar het vanggebied Nieuwe Wetering Bovenloop. Aan het einde van deze paragraaf wordt met een aantal scenario's aangegeven wat het effect zou zijn op de modelresultaten wanneer ervan wordt uitgegaan dat er wel water vanuit Ramelerleiding, Raalterwetering of Nieuwe Wetering Bovenloop wordt afgevoerd naar de Nieuwe Wetering Benedenloop.

4.3 Plausibiliteit stoffenbalans (stofvrachten)

Uit de analyse van de meetgegevens blijkt dat niet voor alle jaren voldoende informatie beschikbaar is om een betrouwbare vracht te berekenen. In sommige perioden ontbreken de meetgegevens over het inlaatwater, het uitgeslagen water en/of de bijbehorende concentraties. Bij het vergelijken van de berekende en uit metingen afgeleide nutriëntenvracht worden daarom alleen die jaren meegenomen waarvoor voldoende metingen beschikbaar zijn. De vergelijkingen van de berekende versus de uit metingen afgeleide uitgaande vrachten is weergegeven in Figuur 4.3 voor stikstof en in Figuur 4.4 voor fosfor voor het zomer- en winterhalfjaar.

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 van de modeluitkomsten van 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 onderzoek van Deltares (Rozemeijer, 2015). Hierin is nagegaan wat het effect is van de meetfrequentie (verschil tussen tweewekelijkse metingen en maandmetingen) op jaarvrachten van stikstof en fosfor. Uit de resultaten blijkt dat op basis van de maandelijks 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 4.3 en Figuur 4.4 als onzekerheidsmarges aangeduid en hebben daarmee betrekking op een beperkt deel van de totale onzekerheid.

Voor het afleiden van de onzekerheidsmarges van de berekende uitgaande vracht zijn de marges gebruikt in het onderzoek van Van Boekel et al., 2011.

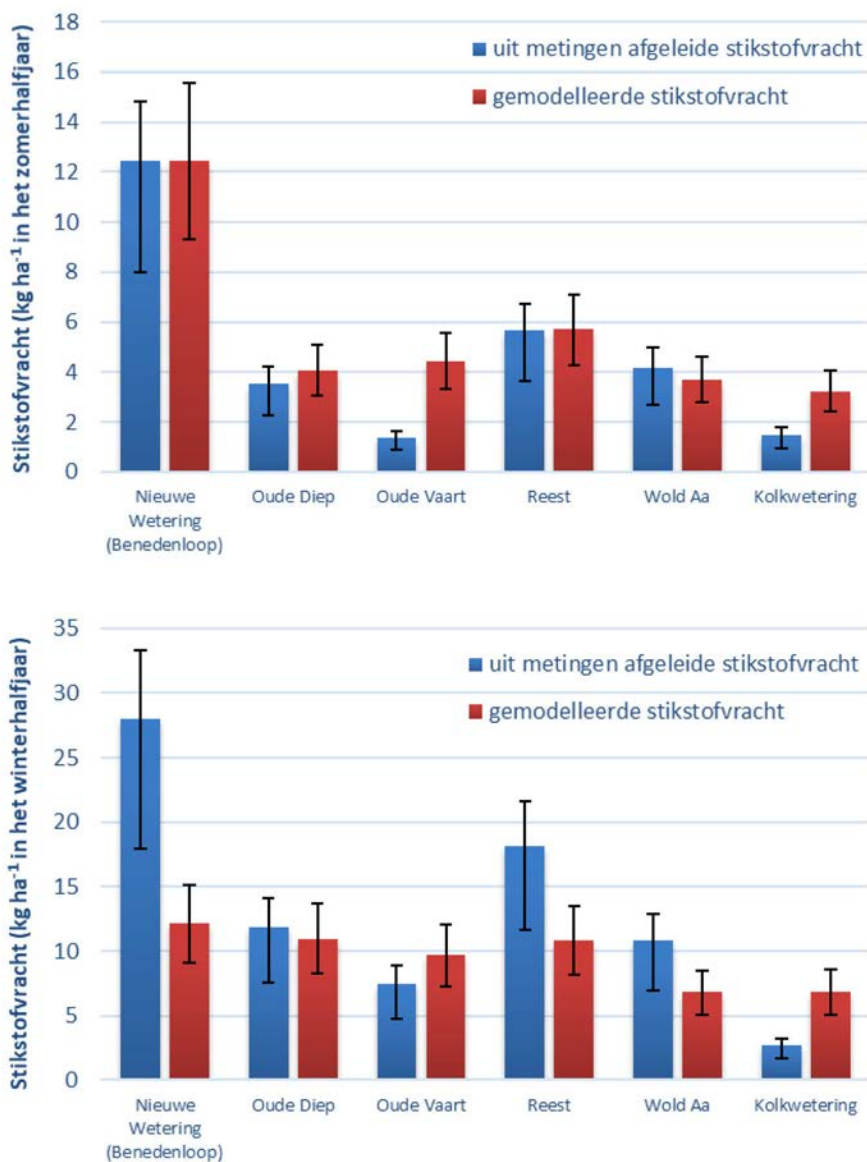
Voor de berekende netto uitgaande nutriëntenbelasting (totale emissie naar water minus de retentie) is een onzekerheidsmarge van 25% voor zowel stikstof als voor fosfor aangehouden.

Uit de figuren kan worden afgeleid dat de uitgaande stikstofvracht zowel in het zomerhalfjaar als in het winterhalfjaar over het algemeen goed overeenkomen met de uit metingen afgeleide stikstofvracht.

Rekening houdend met onzekerheden in zowel de metingen als modelberekeningen vallen de verschillen tussen de gemeten en berekende stikstofvracht naar het oppervlaktewater binnen de bandbreedte van de aangehouden onzekerheden. Slechts in drie situaties is het verschil groter dan de bandbreedte.

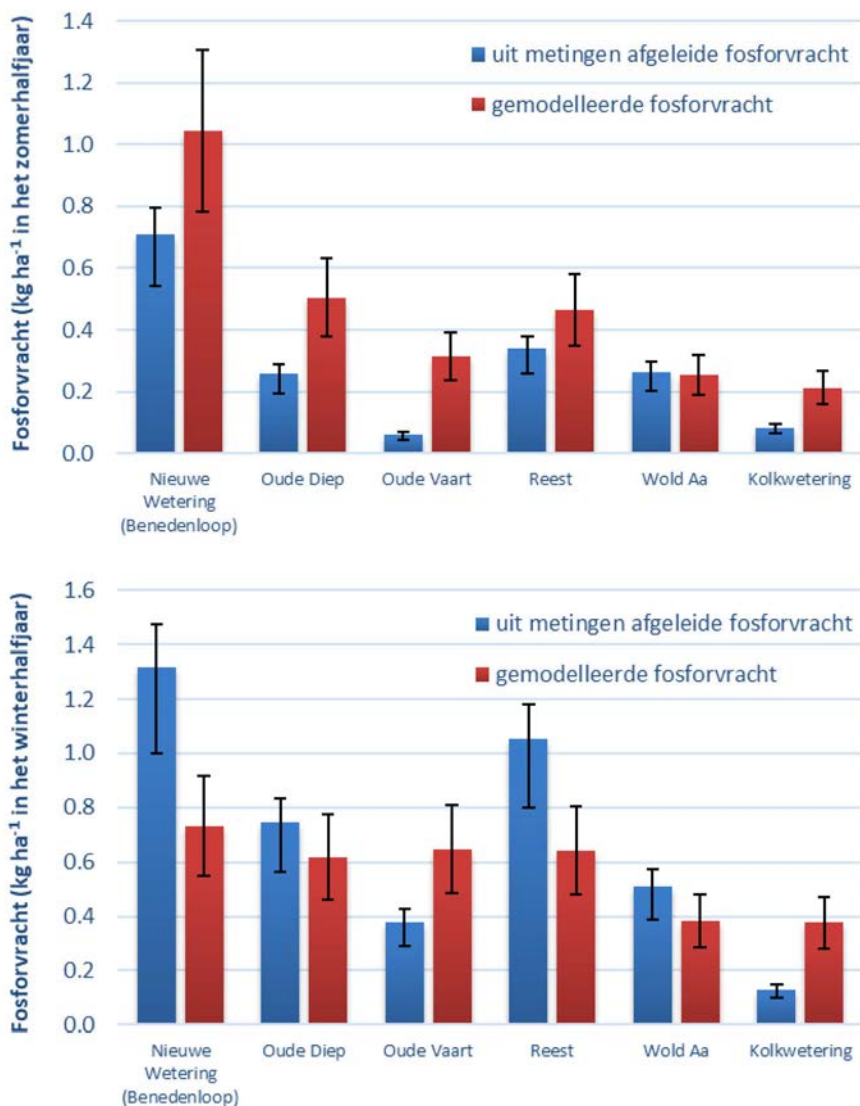
Voor het vanggebied Kolkwetering (zomer- en winterperiode) en Oude Vaart (zomerperiode) wordt de stikstofvracht overschat. De berekende waterafvoer is voor dit vanggebied hoger dan de afvoer op basis van metingen (zie Figuur 4.3). De gemeten waterafvoer is beduidend lager dan de afvoer uit de andere vanggebieden en mogelijk zijn de debietmetingen minder betrouwbaar. Dit betekent dan ook dat de uit metingen afgeleide stikstof- en fosforvracht op basis van de metingen minder betrouwbaar zijn.

De stikstofvracht voor het vanggebied Nieuwe Wetering Bovenloop komt in de zomerperiode goed overeen met de metingen, voor de winterperiode wordt deze overschat. Mogelijk wordt in de winterperiode water aangevoerd via de Ramelerleiding, Nieuwe Wetering Bovenloop en Raalterwetering. In de berekening is aangenomen dat al het water wordt afgevoerd via de koppelleiding (stuw Rietberg).



Figuur 4.3 Vergelijking tussen de met ECHO berekende en uit metingen afgeleide stikstofvracht nabij de uitlaatpunten van de vanggebieden (boven zomerperiode, onder winterperiode).

De berekende fosforvrucht in de zomerperiode is, met uitzondering van vanggebied Wold Aa, structureel hoger dan de uit metingen afgeleide fosforvrucht. Voor het vanggebied Oude Vaart en Kolkwetering kan dit voor een deel verklaard worden door verschillen in afvoer (zie vergelijking waterbalans). De verschillen voor de vanggebieden Nieuwe Wetering Benedenloop en Reest zijn groot, maar vallen nog net binnen de bandbreedte van onzekerheden, voor vanggebied Oude Diep is het verschil groter dan de bandbreedte. Een mogelijke verklaring voor de (te) hoge fosforvrucht nabij het uitstroompunt van de vanggebieden is dat de retentie voor de zomerperiode laag is ingeschat op 5% - 12% voor de vanggebieden Oude Diep, Oude Vaart, Raalterwetering en Reest. Voor Nieuwe Wetering Benedenloop en Wold Aa is dit 50%. Wanneer een hogere retentie wordt aangehouden, neemt de uitgaande fosforvrucht fors af en komen de metingen en berekeningen beter overeen.



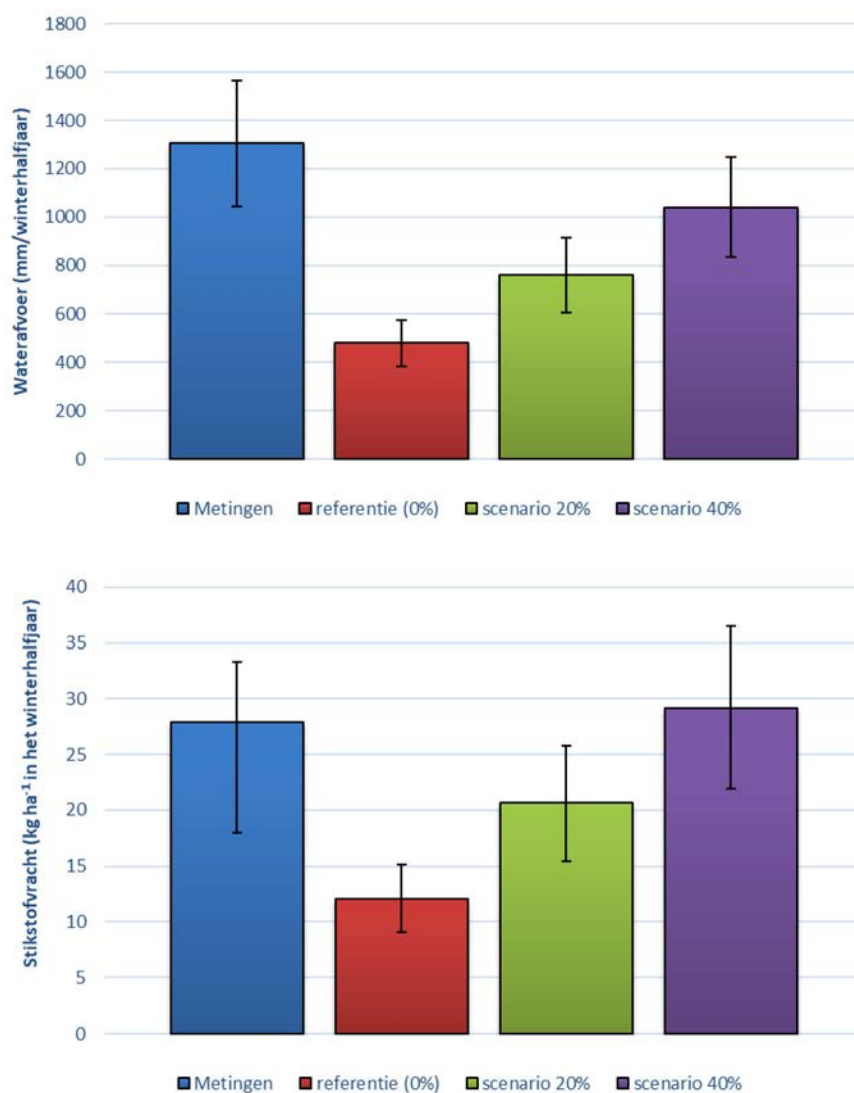
Figuur 4.4 Vergelijking tussen de met ECHO berekende en de uit metingen afgeleide fosforvrucht nabij de uitlaatpunten van de vanggebieden (boven zomerperiode, onder winterperiode).

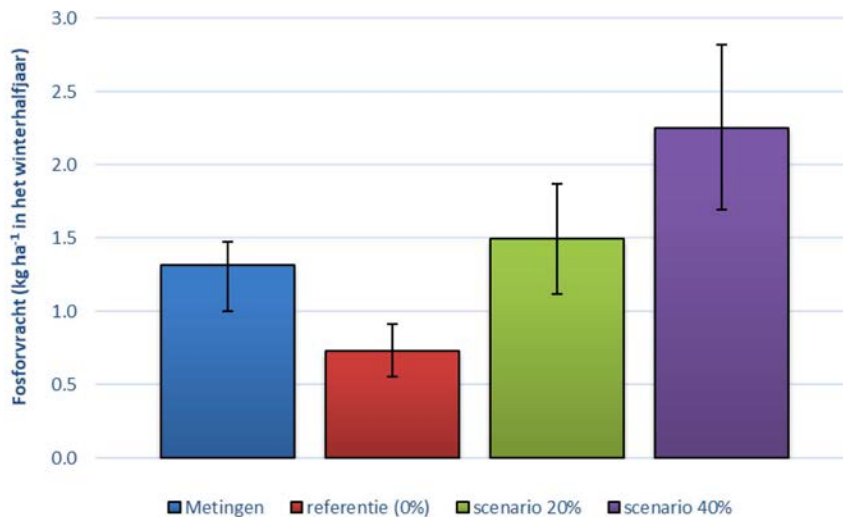
Rekening houdend met de onzekerheden komt de berekende fosforvrucht in de winterperiode voldoende overeen met de uit metingen afgeleide vrucht. Voor de Nieuwe Wetering Benedenloop en Kolkwetering wordt de fosforvrucht onderschat als gevolg van een lagere afvoer (zie vergelijking waterbalans). Voor de Oude Vaart wordt de fosforvrucht overschat. Mogelijk heeft dit te maken met een lage retentie.

Nieuwe Wetering Benedenloop

Bij het vergelijken van de afvoer en de uitgaande nutriëntenvracht voor het vanggebied Nieuwe Wetering Benedenloop is geconstateerd dat in de winterperiode de berekende waterafvoer en nutriëntenbelasting beduidend lager zijn dan op basis van de metingen. Uit een vergelijking van de afvoer van de vanggebieden Raalterwetering, Nieuwe Wetering Bovenloop en Ramelerleiding met de afvoer bij stuw Rietberg is geconcludeerd dat deze een factor twee hoger is. Mogelijk wordt dus een deel van het water wel via de Nieuwe Wetering Bovenloop afgevoerd. In onderstaande figuren zijn de waterafvoer en nutriëntenbelasting van het vanggebied Nieuwe Wetering Benedenloop uitgezet tegen de uit metingen afgeleide vracht voor drie scenario's (Figuur 4.5).

- Scenario 1: Geen aanvoer vanuit de bovenstroomse gebieden
- Scenario 2: 20% van de afvoer gaat naar de Nieuwe Wetering Benedenloop
- Scenario 2: 40% van de afvoer gaat naar de Nieuwe Wetering Benedenloop





Figuur 4.5 Vergelijking tussen de gemeten waterafvoer, uit metingen afgeleide stikstof- en fosforvrucht voor vanggebied Nieuwe Wetering Benedenloop en de gemodelleerde waterafvoer, stikstof- en fosforvrucht voor drie scenario's voor de winterperiode.

Uit de resultaten blijkt dat de variant waarbij aangenomen wordt dat 40% van de afvoer van de Raalterwetering, Ramelerleiding en Nieuwe Wetering Bovenloop in de winterperiode wordt afgevoerd via de Nieuwe Wetering Benedenloop, de verschillen voor de afvoer en voor de stikstofbelasting binnen de aangehouden onzekerheidsbandbreedte vallen. Voor fosfor wordt de fosforvrucht dan overschat is en geeft de variant met 20% de beste resultaten.

De validatie geeft een aanwijzing om de routing voor de wintersituatie naar de Nieuwe Wetering Benedenloop bij te stellen. Voor de stoffenbalans en herkomstanalyse is de routing echter niet aangepast. De routing zoals in overleg met de hydrologen van het waterschap is vastgesteld, blijft de basis van de modelberekeningen, omdat de expertise van het waterschap hierbij als leidend is genomen en niet de meetgegevens en modelberekeningen met bijhorende onzekerheden. Hierbij dient te worden bedacht dat een eventuele bijstelling betrekking heeft op de wintersituatie, terwijl de zomersituatie bepalend is voor het in beeld brengen van maatregelen die nodig zijn om de kwaliteitsdoelen van de KRW voor nutriënten te realiseren.

5 Resultaten herkomstanalyse

5.1 Bronnen van af- en uitspoeling landelijk gebied

De uit- en afspoeling uit het landelijk gebied (landbouw- en natuurgronden) kan op basis van de beschikte SWAP-ANIMO-rekenplots verder onderverdeeld worden in herkomst, waarbij de methodiek wordt gebruikt die in diverse landelijke en regionale studies is gebruikt. Een belangrijk onderscheid hierin is de bijdrage die respectievelijk de actuele en de historische bemesting bijdraagt aan de totale af- en uitspoeling versus de bijdrage van nalevering uit de bodem van landbouwgronden, depositie en kwel (zie ook de lijst met definities van deze begrippen). Het resultaat van het uiteenrafelen van de bronnen van de af- en uitspoeling is weergegeven in Tabel 5.1 (stikstof) en Tabel 5.2 (fosfor).

Tabel 5.1 Relatieve bijdrage van verschillende nutriëntenbronnen en processen aan de uit- en afspoeling van stikstof uit het landelijk gebied.

Vanggebied	Uit- en afspoeling landelijk gebied		Uitsplitsing uit- en afspoeling landbouwgronden					
	Natuurgronden	Landbouwgronden	Actuele bemesting	Historische bemesting	Nalevering bodem	Atm. depositie	Kwel	Infiltratie water ¹
Drentse Kanalen	16%	84%	68%	4.4%	18%	6.7%	2.6%	0.3%
Meppelerdiep	20%	80%	56%	5.9%	25%	5.0%	6.7%	1.7%
Nieuwe Wetering Benedenloop	11%	89%	74%	4.8%	9.8%	6.6%	5.1%	0.2%
Nieuwe Wetering Bovenloop	4%	96%	76%	4.9%	9.3%	7.3%	2.6%	0.2%
Oude Diep	19%	81%	73%	4.9%	14%	7.0%	1.0%	0.1%
Oude Vaart	17%	83%	63%	4.5%	23%	6.1%	2.6%	0.8%
Raalterwetering	10%	90%	72%	4.6%	10%	6.5%	6.3%	0.3%
Reest	20%	80%	68%	5.0%	17%	6.4%	3.5%	0.6%
Wold Aa	23%	77%	69%	4.6%	17%	6.4%	2.4%	0.6%
Ramelerleiding	9.9%	90%	70%	5.6%	12%	6.8%	5.5%	0.2%
Kolkwetering	6.3%	94%	78%	4.3%	8.6%	6.8%	2.3%	0.1%

¹ Uitspoeling van bodemwater dat eerder vanuit lokaal oppervlaktewater in het bodemprofiel is geïnfiltrerd.

Tabel 5.2 Relatieve bijdrage van verschillende nutriëntenbronnen en processen aan de uit- en afspoeling van fosfor uit het landelijk gebied in het zomerhalfjaar.

Vanggebied	Uit- en afspoeling landelijk gebied		Uitsplitsing uit- en afspoeling landbouwgronden					
	Natuurgronden	Landbouwgronden	Actuele bemesting	Historische bemesting	Nalevering bodem	Atm. depositie	Kwel	Infiltratie water
Drentse Kanalen	16%	84%	28%	21%	49%	-	1,3%	0,28%
Meppelerdiep	14%	86%	9,1%	40%	48%	-	2,2%	1,0%
Nieuwe Wetering Benedenloop	11%	89%	4,3%	13%	75%	-	8,0%	0,24%
Nieuwe Wetering Bovenloop	4%	96%	7,7%	25%	64%	-	2,3%	0,19%
Oude Diep	23%	77%	11%	25%	63%	-	0,68%	0,15%
Oude Vaart	18%	82%	19%	27%	52%	-	1,4%	0,70%
Raalterwetering	11%	89%	5,1%	21%	69%	-	4,8%	0,31%
Reest	17%	83%	10%	34%	53%	-	2,2%	0,54%
Wold Aa	27%	73%	12%	26%	59%	-	1,8%	0,59%
Ramelerleiding	16%	84%	6,0%	28%	62%	-	3,8%	0,29%
Kolkwetering	8%	92%	5,8%	13%	77%	-	3,7%	0,12%

De bijdrage van natuur aan de totale uit- en afspoeling verschilt per vanggebied en varieert van 4 tot 27%.

De uit- en afspoeling van stikstof uit landbouwgronden is met name afkomstig van de actuele bemesting (variërend tussen 56% en 78%), gevolgd door nalevering uit landbouwgronden (9-25%). De bijdrage van de andere termen aan de uit- en afspoeling uit landbouwgronden is minder dan 10%.

De bijdrage van natuur aan de totale uit- en afspoeling van fosfor varieert van 4,4 tot 27%. De uit- en afspoeling van fosfor uit landbouwgronden komt vooral door nalevering (48-77%), gevolgd door historische bemesting (13-40%) en actuele bemesting (4-28%).

5.2 Herkomst inlaatwater en afwenteling

Uit de resultaten van de stikstof- en fosforbalans blijkt dat een belangrijk deel van de belasting van het oppervlaktewater afkomstig is van inlaatwater en/of afwenteling van bovenstroomse gebieden (paragraaf 3.4.1). De herkomst van het inlaatwater/afwenteling is in deze studie verder uitgesplitst en wordt in deze paragraaf nader besproken.

Zomerperiode

Uit de nutriëntenbalansen voor het zomerhalfjaar blijkt dat inlaat en afwenteling voor de meeste waterlichamen een belangrijkste bron/route is (paragraaf 3.4.1). Een deel van de inlaat (afwenteling) is afkomstig van het bovenstroomse gebied en indirect dus van de anderen bronnen. Om te bepalen hoeveel een RWZI van Waterschap Drentse Overijsselse Delta die loost in een bovenstrooms vanggebied nutriënten afwentelt in een benedenstrooms vanggebied, zijn in KRW-ECHO de inlaat en afwenteling in het zomerhalfjaar verder uitgesplitst naar herkomst. Hierbij is onderscheid gemaakt in externe aanvoer (Vecht en IJssel), RWZI's, af- en uitspoeling natuurgronden, af- en uitspoeling landbouwgronden, het aandeel actuele bemesting in de uitspoeling en overige bronnen.

Tabel 5.3 geeft deze uitsplitsing per vanggebied voor stikstof en Tabel 5.4 voor fosfor. Voor de meeste gebieden is de aanvoer van stikstof en fosfor afkomstig van externe aanvoer. Hierbij moet gedacht worden aan inlaat vanuit de IJssel en Randmeren en aanvoer vanuit het beheergebied van Vechtstromen. Voor de nieuwe Wetering Benedenloop is een belangrijk deel van de inlaat afkomstig van een RWZI (Raalte). Voor de Nieuwe Wetering Bovenloop, Nieuwe Wetering Benedenloop, Oude Diep en Oude Vaart is ruim 30% afkomstig van bovenstrooms gelegen landbouwgronden. Voor stikstof is het grootste deel hiervan (ruim 20%) afkomstig van de actuele bemesting. Voor fosfor is het grootste gedeelte van de uit- en afspoeling uit bovenstrooms gelegen landbouwgronden afkomstig van de nalevering uit de bodem van landbouwgronden (ca. 10-25%).

Diverse RWZI's lozen op de Drentse Kanalen (Beilen, Echten, Meppel, Dieverbrug, Smilde). Met de aangenomen routing voor de waterinlaat in de zomer hebben de RWZI's invloed op de Oude Vaart (RWZI Beilen, Meppel, Dieverbrug en Smilde), het Oude Diep (RWZI Echten) en de Raalterwetering (RWZI Beilen). De RWZI van Raalte heeft via de inlaat vanuit de Raalterwetering een belangrijke invloed op het water in de Nieuwe Wetering Benedenloop en ook een geringe invloed op de Nieuwe Wetering Bovenloop.

In principe kan de externe aanvoer uit de IJssel en de Vecht ook worden uitgesplitst, maar omdat van die wateren geen water- en stofbalans is opgesteld, was dat voor de onderhavige studie niet mogelijk.

Tabel 5.3 Stikstofbelasting via inlaat en afwenteling zomerhalfjaar uitgesplitst naar herkomst.

Vanggebied	Inlaat/ afwenteling kg ha ⁻¹	Herkomst inlaatwater (%)					
		Externe aanvoer	RWZI's	Natuur- gronden	Overige bronnen	Landbouw- gronden	Actuele bemesting ¹
Drentse Kanalen	2,10	100%	-	-	-	-	-
Meppelerdiep	3,75	100%	-	-	-	-	-
Nieuwe Wetering Benedenloop	11,8	29%	25%	3,3%	13%	31%	23%
Nieuwe Wetering Bovenloop	2,27	55%	1,5%	3,4%	9,0%	31%	22%
Oude Diep	1,84	37%	11%	6,1%	14%	32%	22%
Oude Vaart	2,42	37%	12%	6,1%	14%	32%	21%
Raalterwetering	1,42	100%	-	-	-	-	-
Reest	3,28	97%	-	0,34%	0,8%	1,8%	1,2%
Wold Aa	2,40	83%	-	2,1%	4,7%	10%	6,8%
Ramelerleiding	0,99	100%	-	-	-	-	-
Kolkwetering	1,42	100%	-	-	-	-	-

¹ Deel van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden.

Tabel 5.4 Fosforbelasting via inlaat en afwenteling zomerhalfjaar uitgesplitst naar herkomst.

Vanggebied	Inlaat/ afwenteling kg ha ⁻¹	Herkomst inlaatwater (%)					
		Externe aanvoer	RWZI's	Natuur- gronden	Overige bronnen	Landbouw- gronden	Nalevering bodem ¹
Drentse Kanalen	0,15	100%	-	-	-	-	-
Meppelerdiep	0,23	100%	-	-	-	-	-
Nieuwe Wetering Benedenloop	0,88	15%	30%	3,1%	23%	29%	20%
Nieuwe Wetering Bovenloop	0,13	31%	2,5%	4,3%	23%	39%	24%
Oude Diep	0,37	32%	16%	5,2%	19%	28%	14%
Oude Vaart	0,12	27%	31%	4,3%	15%	23%	11%
Raalterwetering	0,05	100%	-	-	-	-	-
Reest	0,27	97%	-	0,31%	1,1%	1,7%	0,8%
Wold Aa	0,15	81%	-	2,0%	7,1%	10%	5,1%
Ramelerleiding	0,03	100%	-	-	-	-	-
Kolkwetering	0,05	100%	-	-	-	-	-

¹ Deel van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden.

Winterperiode

In de winterperiode wordt geen water ingelaten, maar is alleen sprake van afwenteling. De vanggebieden Oude Diep, Oude Vaart, Raalterwetering, Reest, Wold Aa, Ramelerleiding en Kolkwetering ontvangen geen water van bovenstroomse gebieden en er is dus geen aanvoer van nutriënten. Voor de vanggebieden Drentse Kanalen, Meppelerdiep, Nieuwe Wetering Benedenloop en Nieuwe Wetering Bovenloop is de aanvoer van de nutriënten van bovenstrooms gelegen vanggebieden verder uitgesplitst naar herkomst. Het resultaat hiervan is weergegeven in Tabel 5.5 (stikstof) en Tabel 5.6 (fosfor).

Tabel 5.5 Inkomende stikstofvracht via afwenteling uitgesplitst naar herkomst in het winterhalfjaar.

Vanggebied	Afwenteling kg ha ⁻¹	Herkomst inlaatwater (%)					
		Externe aanvoer	RWZI's	Natuur- gronden	Overige bronnen	Landbouw- gronden	Actuele bemesting ¹
Drentse Kanalen	1,21	-	-	16,8	9,6	73,6	53,9
Meppelerdiep	488	-	7,2	15,1	7,9	69,8	46,9
Nieuwe Wetering Benedenloop	5,99	-	-	5,8	7,5	86,7	67,5
Nieuwe Wetering Bovenloop	6,77	-	-	9,2	7,4	83,4	58,3

¹ Deel van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden.

Tabel 5.6 *Inkomende Fosforvrucht via afwenteling uitgesplitst naar herkomst in het winterhalfjaar.*

Vanggebied	Afwenteling kg ha ⁻¹	Herkomst inlaatwater (%)					
		Externe aanvoer	RWZI's	Natuur- gronden	Overige bronnen	Landbouw- gronden	Nalevering bodem ¹
Drentse Kanalen	1,21	-	-	15,7	15,7	68,6	43,3
Meppelerdiep	488	-	14,0	13,1	11,2	61,6	32,0
Nieuwe Wetering Benedenloop	5,99	-	-	5,3	16,5	78,3	60,4
Nieuwe Wetering Bovenloop	6,77	-	-	8,5	14,8	76,8	47,7

¹ Deel van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden.

Voor zowel stikstof als voor fosfor is de uit- en afspoeling uit landbouwgronden de belangrijkste bron van de aanvoer van nutriënten uit bovenstroomse vanggebieden. Voor stikstof is het grootste gedeelte afkomstig van actuele bemesting (45-70%) en voor fosfor de nalevering uit de bodem van landbouwgronden (32-60%). De RWZI's die lozen op de Drentse Kanalen hebben in de winter invloed op het water in het Meppelerdiep.

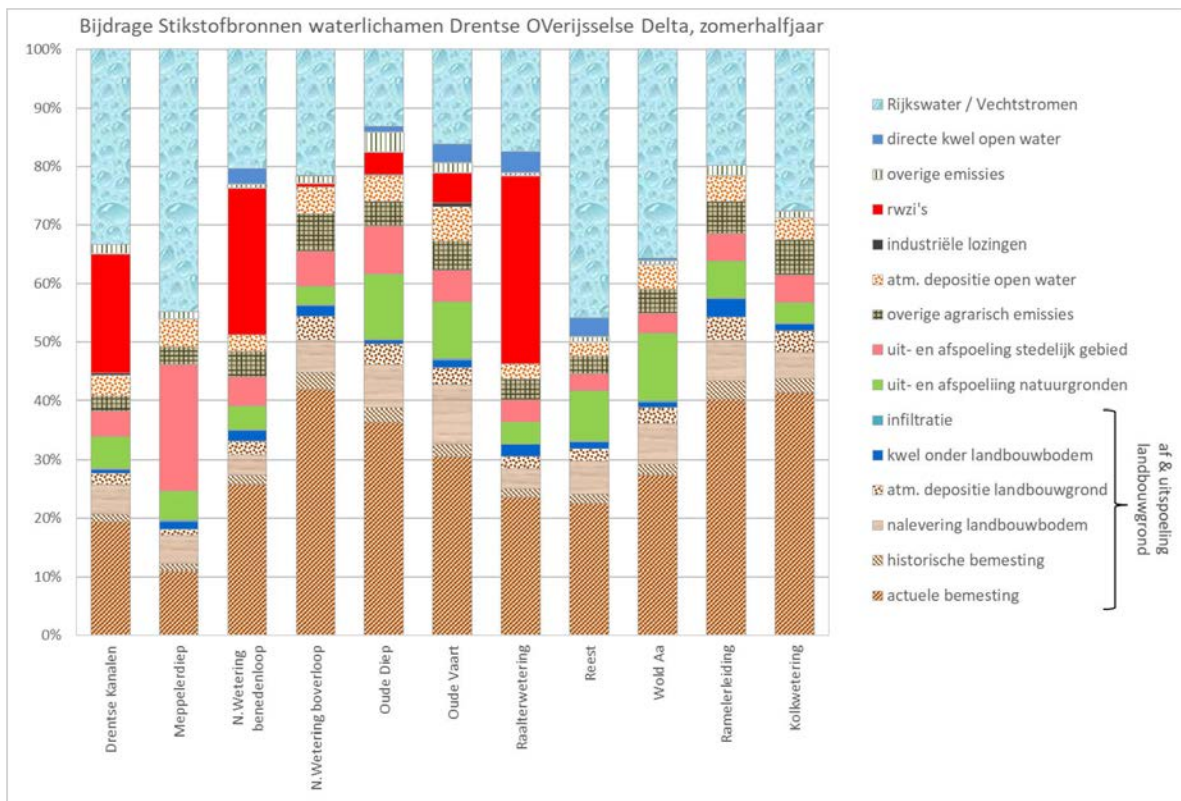
5.3 Herkomst stikstof- en fosforbelasting oppervlaktewater

In Bijlage 4 is per vanggebied van alle afzonderlijke bronnen de berekende herkomst van stikstof en fosfor weergegeven. In het navolgende worden deze resultaten behandeld.

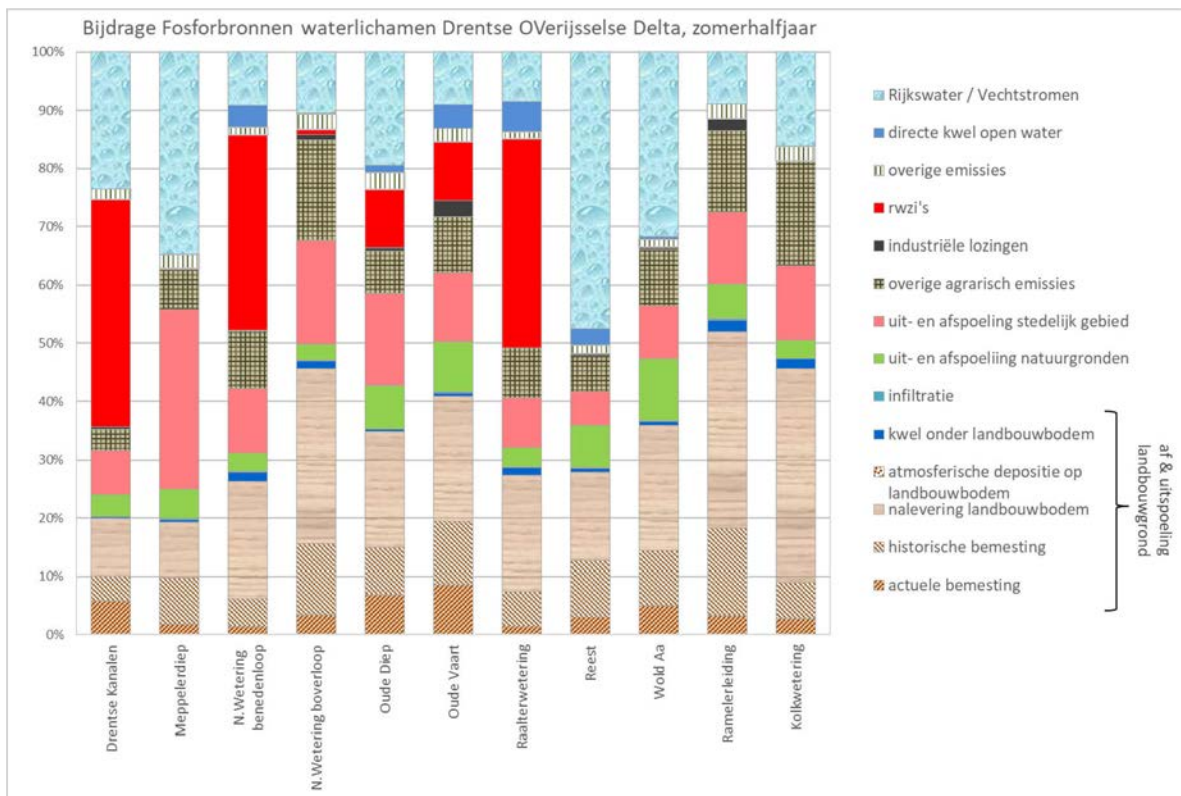
Zomerperiode

De herkomst van stikstof in de zomerperiode is weergegeven in Figuur 5.1. De externe aanvoer van water (via de IJssel, de randmeren en beheergebied van Vechtstromen) en uitspoeling uit landbouwgronden zijn de belangrijkste bronnen. De bijdrage van de externe aanvoer aan de stikstofbelasting varieert van 13% tot 46%. Uitspoeling uit landbouwgronden draagt voor 20 tot 50% bij aan de stikstofbelasting. Dit komt vooral door actuele bemesting (bijdrage 11 tot 42%). RWZI's hebben vooral invloed op de belasting in de Drentse kanalen (20%), Nieuwe Wetering Benedenloop (25%) en Raalterwetering (32%). Via afwenteling hebben de RWZI's ook invloed op de stikstofbelasting in het Oude Diep (4%), Oude Vaart (5%) en Nieuwe Wetering Bovenloop (1%). De bijdrage van de andere bronnen is overwegend minder dan 10%. Uitzondering hierop is de uit- en afspoeling uit natuurgronden voor het vanggebied van het Oude Diep en Wold Aa en de uit- en afspoeling uit stedelijk gebied voor het vanggebied Meppelerdiep.

De herkomst van fosfor in de zomerperiode is weergegeven in Figuur 5.2. Ook voor fosfor is de externe aanvoer van inlaatwater en uitspoeling uit landbouwgronden de belangrijkste bron. De bijdrage van de externe aanvoer aan de fosforbelasting varieert van 8% tot 47%, uitspoeling uit landbouwgronden van 20% tot 54%. In tegenstelling tot stikstof wordt voor fosfor de uitspoeling slechts in beperkte mate bepaald door actuele bemesting (< 10%) en dragen vooral nalevering uit de bodem van landbouwgronden (10-37%) en in iets mindere mate historische bemesting (4-15%) bij aan de fosforbelasting. De RWZI's leveren procentueel een grotere bijdrage aan de belasting van fosfor dan van stikstof, namelijk in de Drentse Kanalen 39%, Nieuwe Wetering Benedenloop 34%, Raalterwetering 36%, Oude Diep 10%, Oude Vaart 10% en Nieuwe Wetering Bovenloop 1%.



Figuur 5.1 Relatieve bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2011-2017 in het zomerhalfjaar.

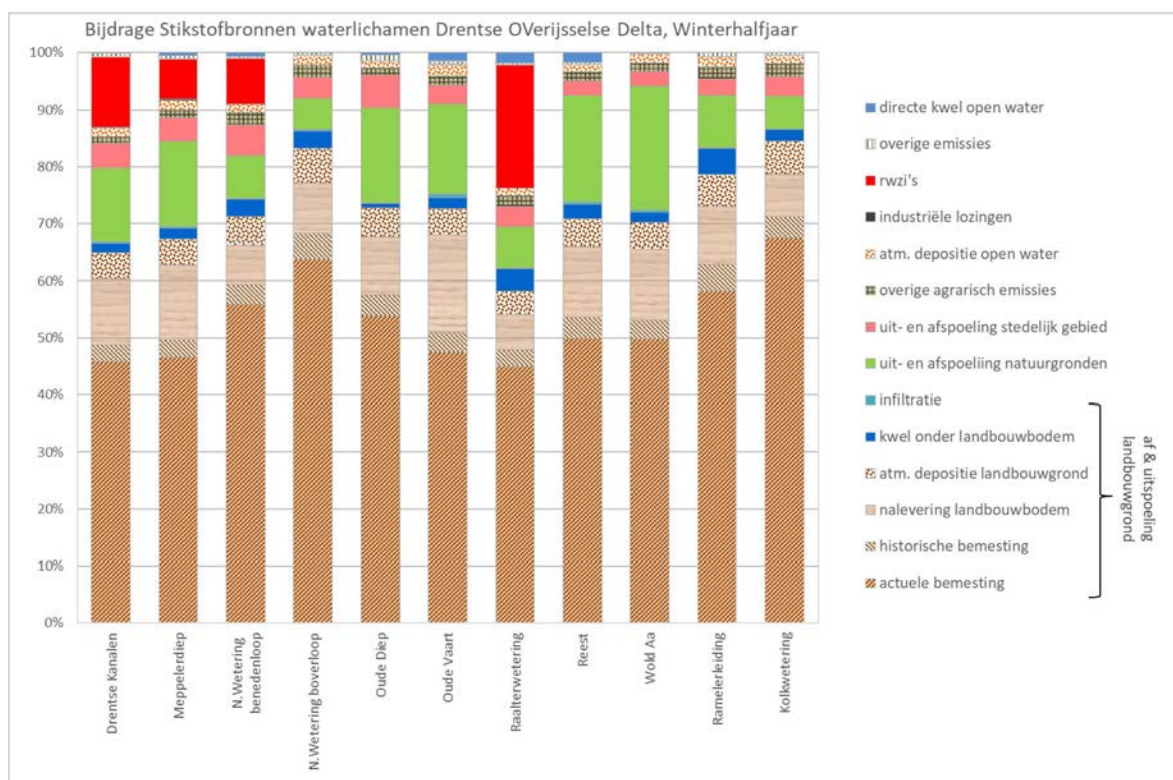


Figuur 5.2 Relatieve bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2011-2017 in het zomerhalfjaar.

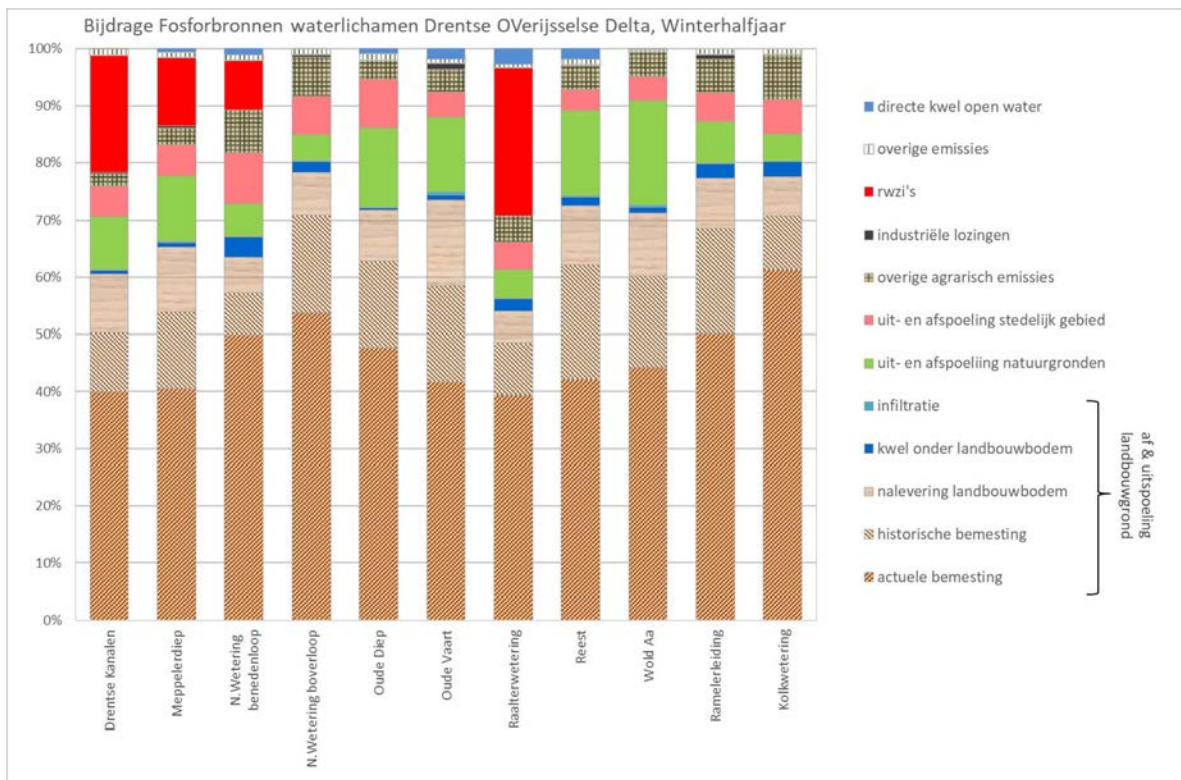
Winterperiode

De herkomst van stikstof in de winterperiode is weergegeven in Figuur 5.3. In de winterperiode speelt externe inlaat geen rol. Af- en uitspoeling uit landbouw- en natuurgronden en RWZI's is dan de belangrijkste bron. Voor stikstof levert de af- en uitspoeling een dominante bijdrage (69-94%). Deze af- en uitspoeling komt vooral door actuele bemesting (46-67%), maar ook nalevering uit landbouwgronden (6-17%) en af- en uitspoeling natuurgronden (6-22%) leveren een belangrijke bijdrage. In de winter dragen de RWZI's minder bij aan de stikstofbelasting dan in de zomer (Drentse Kanalen 12%, Nieuwe Wetering Benedenloop 8%, Raalterwetering 22%). Omdat de stromingsrichting in de winter anders is dan in de zomer, hebben de RWZI's in de winter ook invloed op de stikstofbelasting in het Meppelerdiep (bijdrage 7%).

De herkomst van fosfor in de winterperiode is weergegeven in Figuur 5.4. Ook voor fosfor komt de belasting in de winter vooral door af- en uitspoeling (56-90%). Uitspoeling door nalevering uit de bodem van landbouwgronden levert dan de grootste bijdrage aan de fosforbelasting (28-60%), maar ook leveren uitspoeling door historische bemesting (8-24%), actuele bemesting (3-15%) en natuurgronden (5-21%) een belangrijke bijdrage aan de fosforbelasting in het winterhalfjaar. In het winterhalfjaar is het aandeel van de RWZI's in de fosforbelasting nog steeds belangrijk (Drentse Kanalen 23%, Nieuwe Wetering Benedenloop 10%, Raalterwetering 30% en Meppelerdiep 14%).



Figuur 5.3 Relatieve bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2011-2017 in het winterhalfjaar.



Figuur 5.4 Relatieve bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2011-2017 in het winterhalfjaar.

5.4 Uitsplitsing herkomst Drentse Kanalen

In deze studie is een stikstof- en fosforbalans opgesteld voor het vanggebied van de Drentse Kanalen als geheel. Het waterlichaam de Drentse kanalen is een waterlichaam dat bestaat uit meerdere kanalen: Drentsche Hoofdvaart, Hoogeveensche Vaart, Oranjekanaal, Beilervaart, Linthorst-Homan kanaal, Middenraai, Zuidwoldiger Waterlossing, Reestvervangende leiding en de Vogelzangse Wijk. Omdat in de toekomst deze kanalen/watergangen mogelijk als afzonderlijke waterlichamen worden aangewezen, is de stikstof- en fosforbalans voor de Drentse Kanalen verder opgesplitst. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 5.7 (stikstof) en Tabel 5.8 (fosfor). De Reestvervangende Leiding en de Vogelzangse Wijk zijn hierbij samengevoegd.

Voor het totale vanggebied van de Drentse kanalen is de externe aanvoer (ca. 89 ton N jaar⁻¹) de belangrijkste bron van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater, gevolgd door de totale bijdrage van de RWZI's (ca. 55 ton N jaar⁻¹) en actuele bemesting (ca. 52 ton N jaar⁻¹). Wanneer ingezoomd wordt op de individuele waterlichamen levert niet de externe aanvoer altijd de grootste bijdrage aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater, maar is dit het effluent van de RWZI's. Dit geldt voor de Hoogeveensche Vaart, de Drentsche Hoofdvaart en de Beilervaart.

De RWZI's dragen gezamenlijk het meest bij aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor het vanggebied van de Drentse Kanalen (10,7 ton P zomerhalfjaar⁻¹), gevolgd door de externe inlaat (6,4 ton P zomerhalfjaar⁻¹) en nalevering uit landbouwgronden (2,7 ton P zomerhalfjaar⁻¹). Ook voor de afzonderlijke kanalen/watergangen is het effluent van de RWZI's een belangrijke bron (met uitzondering van de Reestvervangende Leiding en Vogelzangse Wijk). Voor een aantal kanalen/watergangen is de bijdrage van de externe inlaat en/of andere bronnen echter hoger.

Tabel 5.7 Stikstofbelasting (ton jaar⁻¹) oppervlaktewater vanggebied Drentse Kanalen (vetgedrukt), uitgesplitst qua herkomst naar de onderliggende kanalen en watergangen voor de periode 2011-2017 in het zomerhalfjaar.

Vanggebied	Stikstofbelasting (ton jaar ⁻¹) naar het oppervlaktewater								
	DK	HV	DH	OK	B	LH	M	ZW	R+V
Actuele bemesting	51,9	10,5	11,7	7,0	2,3	3,5	5,3	2,3	9,3
Historische bemesting	3,4	0,7	0,8	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,6
Nalevering bodem van landbouwgronden	13,6	2,7	3,1	1,8	0,6	0,9	1,4	0,6	2,4
Atmosferische depositie op bodem van landbouwgronden	5,1	1,0	1,2	0,7	0,2	0,3	0,5	0,2	0,9
Kwel onder bodem van landbouwgronden	2,0	0,4	0,4	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4
Infiltratie	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uit- en afspoeling natuurgronden	14,7	3,0	3,3	2,0	0,7	1,0	1,5	0,7	2,6
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	11,6	2,3	2,6	1,6	0,5	0,8	1,2	0,5	2,1
Overige agrarisch emissies	6,9	1,4	1,5	0,9	0,3	0,5	0,7	0,3	1,2
Atmosferische depositie open water	9,5	1,9	2,1	1,3	0,4	0,6	1,0	0,4	1,7
Industriële lozingen	1,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2
Overige emissies	4,2	0,8	0,9	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,8
Externe aanvoer	89,2	18,0	20,0	12,0	4,0	6,0	4,2	4,0	16,0
Directe kwel open water	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RWZI Meppel	13,7	-	13,7	-	-	-	-	-	-
RWZI Dieverbrug	4,5	-	3,6	0,45	0,45	-	-	-	-
RWZI Smilde	2,1	-	1,7	0,2	0,2	-	-	-	-
RWZI Echten	26,1	22,2	-	-	-	1,3	1,3	1,3	-
RWZI Beilen	8,2	-	-	-	7,4	0,8	-	-	-

DK = Drentse Kanalen totaal, HV = Hoogeveense Vaart, DH = Drentsche Hoofdvaart, OK = Oranjekanaal, B = Beilervaart, LH = Linthorst-Homan kanaal, M = Middenraai, ZW = Zuidwoldiger waterlossing, WA = Wold Aa, R+V = Reestvervangende Leiding en de Vogelzangse Wijk.

Tabel 5.8 Fosforbelasting (ton jaar⁻¹) oppervlaktewater Drentse Kanalen (vetgedrukt), uitgesplitst qua herkomst naar de onderliggende kanalen en watergangen voor de periode 2011-2017 in het zomerhalfjaar.

Vanggebied	Stikstofbelasting (ton jaar ⁻¹) naar het oppervlaktewater								
	DK	HV	DH	OK	B	LH	M	ZW	R+V
Actuele bemesting	1,57	0,32	0,35	0,21	0,07	0,11	0,16	0,07	0,28
Historische bemesting	1,17	0,24	0,26	0,16	0,05	0,08	0,12	0,05	0,21
Nalevering bodem van landbouwgronden	2,71	0,55	0,61	0,37	0,12	0,18	0,28	0,12	0,49
Atmosferische depositie op bodem van landbouwgronden	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kwel onder bodem van landbouwgronden	0,07	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Infiltratie	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Uit- en afspoeling natuurgronden	1,04	0,21	0,23	0,14	0,05	0,07	0,11	0,05	0,19
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	2,09	0,42	0,47	0,28	0,09	0,14	0,22	0,09	0,38
Overige agrarisch emissies	0,98	0,20	0,22	0,13	0,04	0,07	0,10	0,04	0,18
Atmosferische depositie open water	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industriële lozingen	0,13	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Overige emissies	0,50	0,10	0,11	0,07	0,02	0,03	0,05	0,02	0,09
Externe aanvoer	6,44	1,30	1,45	0,87	0,29	0,43	0,66	0,29	1,15
Directe kwel open water	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RWZI Meppel	4,28	-	4,28	-	-	-	-	-	-
RWZI Dieverbrug	0,57	-	0,45	0,06	0,06	-	-	-	-
RWZI Smilde	0,26	-	0,22	0,03	0,03	-	-	-	-
RWZI Echten	3,30	2,82	-	-	-	0,16	0,16	0,16	-
RWZI Beilen	2,25	-	-	-	2,03	0,22	-	-	-

DK = Drentse Kanalen totaal, HV = Hoogeveense Vaart, DH = Drentsche Hoofdvaart, OK = Oranjekanaal, B = Beilervaart, LH = Linthorst-Homan kanaal, M = Middenraai, ZW = Zuidwoldiger waterlossing, WA = Wold Aa, R+V = Reestvervangende Leiding en de Vogelzangse Wijk.

5.5 Discussie

Onzekerheidsmarges

Voor het afleiden van de onzekerheidsmarges is gebruikgemaakt van twee verschillende informatiebronnen. De onzekerheidsmarges van de uit metingen afgeleide nutriëntenvracht is ontleent aan onderzoek van Deltares (Rozemeijer, 2015), voor de onzekerheidsmarges van de berekende nutriëntenvracht is gebruikgemaakt van resultaten uit onderzoek van WENR (Van Boekel et al., 2011).

In het onderzoek van WENR zijn ook onzekerheidsmarges afgeleid voor de uit metingen afgeleide nutriëntenvracht (11% voor stikstof en 14% voor fosfor), en deze wijken af van de onzekerheidsmarges uit de studie van Deltares (-36 tot +19% voor N en -24% tot +12% voor P). Omdat de onzekerheidsmarges betrekking hebben op verschillende bronnen van onzekerheid, kunnen de getallen niet zonder meer vergeleken worden. De onzekerheidsmarges uit het onderzoek van WENR zijn o.a. gebaseerd op onzekerheden t.a.v. de meetapparatuur, meetlocatie, meetmethode en laboratoriumanalyse. In de onzekerheidsmarges die zijn afgeleid uit de studie van Deltares is alleen het effect van de meetfrequentie meegenomen. In feite zouden beide vormen van onzekerheid gecombineerd moeten worden, wat resulteert in grotere onzekerheidsmarges. Daarnaast is in beide studies geen rekening gehouden met de onzekerheid van debietmetingen. Deze is naar verwachting minstens net zo groot of zelfs groter dan van concentratiemetingen (Mulder et al., 2012), waardoor de onzekerheden van de uit metingen afgeleide vracht verder zal toenemen. In deze studie is geconcludeerd dat de berekende waterafvoer en de berekende stikstof- en fosforvracht een goede overeenkomst vertoont met de gemeten waterafvoer en uit metingen afgeleide stikstof- en fosforvracht. Indien rekening wordt gehouden met een grotere onzekerheidsmarge zal dit geen invloed hebben op de conclusies.

Retentie

Voor het vaststellen van de retentie van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden zijn verschillende methoden gebruikt. Voor een aantal vanggebieden zijn vaste retentiefactoren toegepast en voor andere vanggebieden is de retentie afhankelijk van de specifieke afvoer. Uit de resultaten blijkt dat de stikstof- en fosforretentie op basis van de specifieke afvoer veel lager zijn dan de 'vaste retentiefactor' van 50%.

In dit onderzoek is niet onderzocht waardoor de retentiewaarden op basis van de specifiek afvoer veel lager uitkomen. Voor het beantwoorden van deze vraag is aanvullend onderzoek nodig.

Wanneer gebruik wordt gemaakt van andere retentiefactoren, heeft dit geen effect op de relatieve bijdrage van bronnen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater zoals deze in het rapport zijn gepresenteerd. Aanpassen van de retentie heeft wel effect op de berekende uitgaande nutriëntenvracht die gebruikt wordt bij de toetsing aan de vrachtbepaling op basis van de uit metingen afgeleide vracht (paragraaf 3.4.4). Opgemerkt dient te worden dat de onzekerheden van de retentieschattingen zijn meegenomen bij het afleiden van de onzekerheidsmarges van de berekende nutriëntenvracht. Daarnaast zitten er ook onzekerheden in de uit metingen afgeleide nutriëntenvrachten.

Inlaatwater

De waterinlaat inde vanggebieden wordt niet bemeten en is daardoor niet bekend. Op basis van expert judgement is een schatting gemaakt van de hoeveelheid inlaatwater. Voor het zuidelijke deel is aangenomen dat in de zomerperiode 50 mm per jaar wordt ingelaten vanuit het Overijssels kanaal; daarnaast zijn schattingen gemaakt hoe het water vervolgens verdeeld wordt tussen de verschillende vanggebieden.

Voor het noordelijke deel van het studiegebied zijn twee varianten doorgerekend om de hoeveelheid inlaatwater te schatten (een lichte variant en zware variant). In de diverse tabellen en figuren en voor het afleiden van herkomst van nutriënten (en daarvan afgeleide opgave) is gebruikgemaakt van het gemiddelde tussen beide varianten. Omdat uit de resultaten van de studie blijkt dat inlaatwater in de zomerperiode een belangrijke bron is, is een betere onderbouwing van de inlaathoeveelheden dan ook gewenst. In hoeverre de opgave beïnvloed wordt doordat de waterinlaat wordt onder- of overschat is

afhankelijk van de bijdrage van inlaatwater aan de totale belasting van het oppervlaktewater in het betreffende vanggebied. In deze studie is niet onderzocht hoe groot de verandering in opgave zal zijn.

Afwenteling

Op basis van de beschikbaar kennis van het watersysteem is aangenomen dat in de winterperiode al het water van de vanggebieden Raalterwetering, Ramelerleiding en Nieuwe Wetering Bovenloop wordt afgevoerd via de koppelleiding naar de Soestwetering. Op basis van de gemeten afvoer bij stuw Rietberg en de modelberekeningen van de waterafvoer van de drie vanggebieden, kan de vraag gesteld worden in hoeverre het terecht is dat in de winterperiode de afvoer vanuit de drie vanggebieden in zijn geheel wordt afgevoerd via de stuw Rietberg of dat er een deel van het water alsnog wordt afgevoerd naar het vanggebied Nieuwe Wetering Benedenloop. Op basis van de vergelijking tussen de gemeten waterafvoer bij Stuw Langeslag (benedenstrooms van vanggebied Nieuwe Wetering Benedenloop) en de modelberekening zou de conclusie getrokken kunnen worden dat dit inderdaad het geval is. Voor het beantwoorden van deze vraag is aanvullend onderzoek nodig.

Dit discussiepunt heeft niet geleid tot bijstelling van de modellering/routing. De routing van het oppervlaktewatersysteem, zoals deze in overleg met hydrologen van het waterschap is vastgesteld, blijft de basis van de modelberekeningen. De expertise van het waterschap is hierbij leidend en niet de meetgegevens en modelberekeningen met bijbehorende onzekerheden. Het doel van het onderzoek is het in beeld brengen welke aanvullende maatregelen nodig zijn om de kwaliteitsdoelen voor nutriënten en ammonium te realiseren in het kader van de Kaderrichtlijn Water. Dit betreft dus de situatie in het zomerhalfjaar, terwijl de validatie alleen voor de wintersituatie aanleiding geeft om de routing eventueel aan te passen.

Onderscheid in bronnen (herkomst)

Het kwantificeren van de bijdrage van de verschillende bronnen en de herkomst van de diffuse belasting van het oppervlaktewater is lastig, omdat deze niet rechtstreeks is te meten en alleen via modelberekeningen kan worden gekwantificeerd. Bij het uitsplitsen van de bronnen van de uit- en afspoeling zijn dezelfde definities gehanteerd als in de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (Groenendijk et al., 2012). Voor de ex-postevaluatie is de verdeling van bronnen in het recente verleden in beeld gebracht. In de berekeningen is dit in beeld gebracht door de verdeling tussen depositie, bemesting, bodem, kwel en inlaat te baseren op de periode 2000-2010. Deze verdeling wordt beïnvloed door de meteo in deze periode en de afnemende mestgiften in deze periode. Voor de bronnen van de af- en uitspoeling vanuit landbouwgronden moet worden bedacht dat het onderscheid tussen de uitspoeling die voortkomt uit actuele en historische bemesting mede bepaald wordt door de keuze van de periode waarvoor bemesting als historisch wordt beschouwd.

6 Reductieopgave en toedeling

6.1 Overschrijding KRW-doelen nutriënten

De reductieopgave is per waterlichaam bepaald op basis van de gemeten overschrijdingen van de KRW-doelen voor de N- en P-concentraties en de berekende stikstof- en fosforbelasting van het vanggebied (zie paragraaf 2.7). In deze studie is de mate van overschrijding bepaald op basis van de gemeten nutriëntenconcentraties in het zomerhaljaar en de nutriëntendoelen voor doelbereik zoals die door beide provincies zijn vastgesteld. Deze doelen weerspiegelen het Goede Ecologische Potentieel (GEP).

Tabel 6.1 geeft de KRW-doelen voor nutriënten zoals die door het waterschap worden aangehouden. Het vanggebied van de Drentse Kanalen is hierbij opgesplitst naar de onderliggende kanalen en watergangen. Voor deze deeltrajecten is het doel (STOWA-referentiewaarde) afgestemd op het betreffende watertype.

Tabel 6.1 KRW-doelen voor de stikstof- en fosforgehalten (zomerhaljaar) in het oppervlaktewater.

Vanggebied	Watertype	KRW-doel stikstof mg/l	KRW-doel fosfor mg/l
Drentse Kanalen	M3	2,8	0,15
• Hoogeveense Vaart	M7b	3,8	0,25
• Drentsche Hoofdvaart	M6b	3,8	0,25
• Oranjekanaal	M6a	2,8	0,15
• Beilervaart	M6a	2,8	0,15
• Linthorst Homankanaal	M6a	2,8	0,15
• Middenraai	M3	2,8	0,15
• Zuidwoldiger waterlossing	M3	2,8	0,15
• Vogelzangsche Wijk en Reestvervangende leiding	M1a	2,4	0,22
Meppelerdiep	R6	2,3	0,11
Nieuwe Wetering Benedenloop	R5	2,3	0,11
Nieuwe Wetering Bovenloop	R5	2,3	0,11
Oude Diep	R5	2,3	0,11
Oude Vaart	R5	2,3	0,11
Raalterwetering	R5	2,3	0,11
Reest	R12	2,3	0,11
Wold Aa	R5	2,3	0,11

De stikstof- en fosfordoelen zijn voor alle waterlichamen gelijk (2,3 mg l⁻¹ N, en 0,11 mg l⁻¹ P), met uitzondering van de kanalen en watergangen in het vanggebied Drentse Kanalen. De stikstof- en fosfordoelen zijn daarin minder streng.

Voor het afleiden van de huidige toestand (N- en P-concentraties) in het oppervlaktewater zijn in overleg met het waterschap meetpunten geselecteerd en is de gemiddelde N- en P-concentratie voor de periode 2011-2017 bepaald. De meeste meetpunten zijn tevens de meetpunten die worden gebruikt voor de KRW-rapportage (KRW-meetpunten). Voor een aantal vanggebieden/watergangen zijn meerdere meetpunten geselecteerd. Wanneer in een vanggebied meerdere meetpunten zijn geselecteerd, is de gemiddelde concentratie gebruikt. De gebruikte meetpunten, zomergemiddelde concentraties en mate van overschrijding van het KRW-doel is weergegeven in Tabel 6.2.

In de Beilervaart, Middenraai, Meppelerdiep en Raalterwetering worden zowel de doelen voor stikstof als fosfor overschreden. In het Linthorst-Homan kanaal, Zuidwoldiger waterlossing en Wold Aa wordt

alleen het fosfordoel overschreden. Voor de reductieopgave van stikstof wordt gerekend met een overschrijding in de Raalterwetering van 20% en in het Meppelerdiep 5%.

Voor de reductieopgave van fosfor wordt gerekend met een overschrijding van 12% in de Wold Aa, 27% in het Meppelerdiep, 33% in de Drentse Kanalen en 44% in de Raalterwetering. In de Drentse Kanalen wordt als totaal waterlichaam geen reductieopgave van stikstof berekend (op basis van de gemiddelde gehalten en de generiek gehanteerde norm voor het watertype M3).

Tabel 6.2 Gemiddelde N- en P-concentratie in het oppervlaktewater voor de periode 2011-2017 voor de verschillende (KRW-)meetpunten en de procentuele overschrijding van de N- en P-doelen.

Vanggebied	Meetpunt	Concentratie		Overschrijding KRW-doel	
		mg/l N	mg/l P	Stikstof (%)	Fosfor (%)
Drentse Kanalen (gemiddelde)		2,70	0,22	geen	33%
• Hoogeveense Vaart	1HOVV10	3,10	0,21	geen	geen
	1HOVV20	2,93	0,22		
	1HOVV40	3,22	0,33		
	1HOVV90	2,23	0,14		
• Drentsche Hoofdvaart	1DREH70	2,92	0,14	geen	geen
	1DREH80	2,00	0,16		
• Oranjekanaal	1ORAK50	2,63	0,09	geen	geen
	1ORAK80	2,55	0,10		
• Beilervaart	1BEIV20	2,40	0,24	5%	59%
	1BEIV30	2,88	0,27		
	1BEIV50	3,52	0,57		
• Linthorst Homankanaal	1LIHK50	2,32	0,45	geen	66%
• Middenraai	1MIDR90	4,30	0,21	35%	30%
• Zuidwoldiger waterlossing	1ZUIW70	2,22	0,18	geen	15%
• Vogelzangse Wijk en Reestvervangende leiding	8RVVL30	1,87	0,09	geen	geen
	1VEEW90	2,14	0,17		
Meppelerdiep	1MEPD40	2,43	0,15	5%	27%
Nieuwe Wetering Benedenloop	3RNW54	1,69	0,11	geen	geen
	3RNW28 ¹⁾	1,73	0,08		
Nieuwe Wetering Bovenloop	3RNW32	1,11	0,06	geen	geen
Oude Diep	1OUDD90	1,44	0,10	geen	geen
Oude Vaart	1OUDV90	1,45	0,07	geen	geen
Raalterwetering	3RRW65	2,88	0,20	20%	44%
	3RRW45 ²⁾	1,82	0,08		
Reest	1REES80	1,86	0,10	geen	geen
Wold Aa	1WOLA90	1,95	0,12	geen	12%

¹⁾ Niet meegenomen. Bovenstrooms gelegen meetpunt.

²⁾ Niet meegenomen. Ligt bovenstrooms van het lozingspunt van de RWZI.

6.2 Afleiden reductieopgave

De absolute reductieopgave is berekend door de totale inkomende vracht te vermenigvuldigen met de percentages waarmee de doelen worden overschreden. Deze opgaven zijn weergegeven in Tabel 6.3.

Omdat het Waterschap in de toekomst het waterlichaam van de Drentse Kanalen wil opsplitsen, zijn in de tabel ook (meer globaal) berekende waarden opgenomen voor de Beilervaart, Linthorst Homankanaal, Middenraai en Zuidwoldiger waterlossing. De reductieopgave voor stikstof in het zomerhalfjaar varieert van 0,8 (Meppelerdiep en Beilervaart) tot 8,1 ton (Middenraai). De reductieopgave voor fosfor varieert van 0,14 ton (Zuidwoldiger waterlossing) tot 1,7 ton P (Beilervaart).

Tabel 6.3 Doelgat, vracht en KRW-reductieopgave stikstof en fosfor, zomerhalfjaar 2010-2017.

Vanggebied	Overschrijding KRW-doel		Inkomende vracht (ton)		Reductieopgave (ton)	
	N	P	N	P	N	P
Drentse Kanalen (gemiddelde)	-	33%	267,9	27,4	-	9,0
• Beilervaart	4%	59%	17,6	2,9	0,8	1,7
• Linthorst Homankanaal	-	66%	16,5	1,5	-	1,0
• Middenraai	35%	30%	23,2	1,9	8,1	0,6
• Zuidwoldiger waterlossing	-	15%	10,9	0,9	-	0,1
Meppelderiep	5%	27%	15,0	1,2	0,8	0,3
Raalterwetering	20%	44%	30,1	2,3	6,1	1,0
Wold Aa	-	12%	73,6	5,0	-	0,6

6.3 Toedeling reductieopgaven aan sectoren

Voor ieder vanggebied is in de bronnenanalyse de belasting van stikstof en fosfor door punt- en diffuse bronnen en toestromend (inlaat)water berekend. De reductieopgave, uitgedrukt in overschrijding van het KRW-doel, is voor ieder vanggebied vertaald naar een totale reductieopgave (ton/zomerhalfjaar). In stap 3 wordt deze totale reductieopgave verder onderverdeeld aan verschillende sectoren. De uitgangspunten voor het toedelen van de reductieopgave aan de verschillende sectoren dan wel partijen zijn als volgt:

- De reductieopgaven worden toebedeeld aan de sectoren die nutriënten toevoegen aan het (semi)natuurlijke systeem. Hiermee wordt het principe 'de vervuiler is aan zet' gehanteerd. In deze studie worden vier sectoren beschouwd: landbouw, industrie, gemeenten en waterschap.
- Diverse bronnen zijn te beschouwen als natuurlijk of seminatuurlijk. Dit geldt voor bronnen van de af- en uitspoeling die niet gedreven zijn door bemesting (kwel, nalevering bodem van landbouwgronden, infiltratiewater, atmosferische N-depositie), depositie op open water en uit- en afspoeling vanaf natuurgronden. Hieraan wordt geen eigenaar (sector) toegekend.
- De historische bemesting is niet toegekend aan een sector en ook niet meegenomen in de reductieopgave en valt hiermee in de categorie niet toebedelen. De beleidsmatige argumentatie hiervoor is dat voor de beoordeling van de KRW-stroomgebiedbeheerplannen beargumenteerd kan worden dat het doelgat dat in 2027 nog overblijft door de bijdrage van historische belasting, op natuurlijke wijze in de tijd zal afnemen (na-ijling).
- Aan de uit- en afspoeling uit stedelijk gebied wordt – evenals aan de uitspoeling uit natuurgronden – geen eigenaar toegekend, vanuit de redenering dat in het openbaar groen geen intensieve bemesting plaatsvindt

Met deze uitgangspunten zijn twee varianten voor de toedeling van reductieopgave berekend:

- **Variant A:** Een bovengrens voor de reductieopgave is berekend door de bronnen zonder eigenaar als extra opgave te verdelen over de sectoren die nutriënten toevoegen aan het systeem naar rato van hun bijdrage aan de vrachtbijdrage in het gebied (verdelen naar rato).
- **Variant B:** Een ondergrens voor de reductieopgave van de sectoren is berekend door de bronnen waaraan geen eigenaar is toegekend niet mee te rekenen (niet toebedelen). De benodigde emissiereductie wordt dan niet bereikt.

Voor deze varianten is in overleg met het waterschap de indeling bij het toedelen naar sectoren gehanteerd zoals aangegeven in Tabel 6.4. De hiermee berekende reductieopgaven zijn weergegeven in Tabel 6.5 (stikstof) en Tabel 6.6 (fosfor).

Een groot deel van de stikstofbelasting kan niet direct gekoppeld worden aan een eigenaar. In variant A wordt dit deel toebedeeld aan de sectoren die (antropogeen) de nutriënten in het water brengen. Dit naar rato van hun antropogene bijdrage. Historische mestgift wordt hierin echter niet toebedeeld vanuit een landelijke gedachtelijn dat deze bron door natuurlijke processen verder in de tijd zal afnemen en dat daarmee onderbouwd kan worden dat het KRW-doel later zal worden bereikt (fasering). Daarnaast betreft het hier een relatief kleine post in de totale reductieopgave, waardoor het effect op het doelbereik klein is.

Tabel 6.4 Toedeling van bronnen aan verschillende sectoren, niet toedelen of verdeling naar rato.

Nutriëntenbron	Bron/sector	Toedeling	
		Variant A	Variant B
Actuele bemesting	Landbouw	Landbouw	Landbouw
Historische bemesting	Landbouw	Niet toedelen	Niet toedelen
nalevering bodem van landbouwgronden	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
atmosferische depositie op bodem van landbouwgronden	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
kwel onder bodem van landbouwgronden	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Infiltratie vanuit het oppervlaktewater	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Uit- en afspoeling natuurgronden	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Overige agrarisch emissies (o.a. erfafspoeling)	Landbouw	Landbouw	Landbouw
Atmosferische depositie open water	Geen	Verdeling naar rato	Niet toedelen
Industriële lozingen	Industrie	Industrie	Industrie
Overige emissies (o.a. riooloverstorten)	Gemeenten	Gemeenten	Gemeenten
Externe aanvoer (inlaatwater)	Geen	Verdelen naar rato	Niet toedelen
Directe kwel open water	Geen	Verdelen naar rato	Niet toedelen
RWZI's	Waterschap	Waterschap	Waterschap

Tabel 6.5 Reductieopgave stikstof zomerhalfjaar, toedeling naar sectoren variant A en B.

	Meppelerdiep		Raalterwetering	
	Variant A	Variant B	Variant A	Variant B
Totale reductieopgave (kg N/ha)	0,45		1,64	
Toedeling aan sectoren (kg N/ha)	Variant A	Variant B	Variant A	Variant B
• Landbouw	0,41	0,06	0,74	0,45
• Waterschap	-	-	0,87	0,53
• Industrie	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
• Gemeenten	0,04	0,01	0,02	0,01
Totaal toebedeeld (kg N/ha)	0,44	0,07	1,62	0,98
Totaal toebedeeld (%)	99%	15%	98%	60%

Tabel 6.6 Reductieopgave fosfor zomerhalfjaar, toedeling naar sectoren variant A en B.

	Drentse Kanalen		Meppelerdiep		Raalterwetering		Wold Aa	
	Variant A	Variant B	Variant A	Variant B	Variant A	Variant B	Variant A	Variant B
Totale reductieopgave (kg P/ha)	0,21		0,18		0,28		0,04	
Toedeling aan sectoren (kg P/ha)	Variant A	Variant B	Variant A	Variant B	Variant A	Variant B	Variant A	Variant B
• Landbouw	0.04	0.02	0.13	0.02	0.06	0.03	0.037	0.007
• Waterschap	0.16	0.08	-	-	0.20	0.10	-	<0.001
• Industrie	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.001	<0.001
• Gemeenten	0.01	<0.01	0.04	<0.01	0.01	<0.01	0.003	0.001
Totaal toebedeeld (kg P/ha)	0.20	0.11	0.17	0.02	0.26	0.13	0.041	0.007
Totaal toebedeeld (%)	96%	51%	92%	11%	94%	47%	91%	16%

Op deze wijze wordt met variant A een groot deel van de totale reductieopgave toebedeeld (91% à 99%). In het Meppelerdiep en Wold Aa wordt het merendeel van de reductieopgave toebedeeld aan de landbouw. In de Drentse Kanalen wordt het merendeel toebedeeld aan het Waterschap. In de Raalterwetering wordt de reductieopgave voor stikstof vrij evenredig over de landbouw en het waterschap verdeeld, voor fosfor het merendeel aan het waterschap.

Met variant B wordt een belangrijk deel van de opgave niet toebedeeld, vooral niet in het Meppelerdiep en Wold Aa, omdat daar de bronnen waaraan geen eigenaar is toegekend, een groot deel van de belasting vormen.

7 Effectiviteit maatregelen

7.1 Algemene beschouwing over maatregelen

Uit het voorgaande blijkt dat de reductieopgave hoofdzakelijk toebedeeld wordt aan het waterschap en de landbouw. Voor het waterschap wordt deze opgave bepaald door de lozingen van de RWZI's. Daarom is met ECHO het effect berekend in hoeverre de belasting in de vanggebieden afneemt als het effluent van de RWZI's schoner wordt. Door het waterschap is een scenario geformuleerd waarbij de gemiddelde fosforconcentraties op jaarbasis niet boven het niveau komen van 0,25 mg P/l. Dit lijkt technisch haalbaar door het doseren van (extra) chemicaliën (ijzerchloride). Voor stikstof ontbreekt een dergelijk handelingsperspectief. Stikstof wordt biologisch al maximaal verwijderd en het effluent kan niet met chemicaliën worden nagezuiverd.

Het mestbeleid in Nederland was tot 2016 vooral gericht op verlaging van de aanvoer van stikstof en fosfor via mest naar de bodem, dat wil zeggen een reductie van het stikstof- en fosforoverschot. Dit gebeurde via gewasspecifieke gebruiksnormen voor werkzame stikstof, fosfaatsnormen afhankelijk van de bodemtoestand en via gebruiksvoorschriften wanneer mest wel of niet toegediend mag worden. In het mestbeleid in het 6^e 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 nu 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. Voor stikstof geldt hierbij dat het handelingsperspectief om uitspoeling van stikstof uit landbouwgronden te verminderen, beter is dan het verminderen van de uitspoeling van fosfor. Dit omdat het aandeel van actuele bemesting in de uitspoeling voor fosfor beduidend kleiner is dan voor stikstof en er in de mestwetgeving voor fosfor al richting evenwichtsbemesting is voorgeschreven.

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.⁷ 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.

⁷ 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 waterkwaliteit.

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

- Gewasbeheer: rijenbemesting bij mais 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 mais 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 van het oppervlaktewater die te realiseren is via bodemverbeterende maatregelen of maatregelen die ingrijpen op de efficiëntie van bemesting, varieert tussen klei-, veen- en zandgronden. Ook zijn de effecten voor stikstof groter 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.

7.2 Effecten huidig mestbeleid

De nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor, de herkomst hiervan en de daaraan gerelateerde opgave zijn afgeleid van de af- en uitspoeling van de afgelopen jaren (2011-2017) en zijn derhalve een resultaat van het mestbeleid dat is vastgelegd in het 5^e en daaraan voorgaande Nitraat Actie Programma's (NAP). Momenteel is het 6^e NAP van kracht.

De effecten van het huidige mestbeleid op de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater aan het eind van de KRW-planperiode zijn afgeleid op basis van bestaande berekeningen met STONE 2.4 (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. Andere ontwikkelingen (o.a. groei melkveestapel) en/of beleid (o.a. Wet verantwoorde Groei Melkveehouderij) zijn hierin niet meegenomen. De reden hiervoor is dat voor de inschatting van de effecten van het 5^e NAP is uitgegaan van mestberekeningen met MAMBO die eind 2014 zijn uitgevoerd, waarbij gebruikgemaakt is van cijfers uit 2013. Op dat moment waren nog geen cijfers bekend over de groei van de melkveehouderij.

Het huidig mestbeleid 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 huidig mestbeleid ook enige invloed heeft op de emissies vanuit overige agrarische bronnen (meemesten sloten, erfafspoeling, glastuinbouw). Het effect van het huidig mestbeleid op de bijdrage van deze bronnen is niet bekend en derhalve niet meegenomen.

De effecten van het huidige mestbeleid op de uit- en afspoeling zijn berekend door een link te leggen tussen de rekeneenheden die bij deerschikking voor de hier beschouwde vanggebieden zijn geselecteerd en de rekeneenheden waarmee met de landelijke modelstudie het effect van het huidige mestbeleid (5^e NAP) is berekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 7.1.

Uit Tabel 7.1 komt naar voren dat de af- en uitspoeling van stikstof door het huidige mestbeleid aan het einde van de KRW planperiode afneemt met ongeveer 9,5% (7,7-11,4%). De af- en uitspoeling met fosfor daalt met circa 7,5%; de effectiviteit verschilt sterk per vanggebied (3-11%). De

verschillen tussen de vanggebieden worden deels veroorzaakt doordat de daling in bovenstrooms gelegen vanggebieden doorwerkt in (benedenstroomse) vanggebieden waarop wordt afgewenteld. Dit geldt met name voor de benedenloop van de Nieuwe Wetering en het Oude Diep.

Tabel 7.1 Af- en uitspoeling huidige situatie (2011-2017) en de afname daarvan aan het eind van de KRW-planperiode uitgaande van het huidige mestbeleid (STONE-berekeningen 5^e NAP).

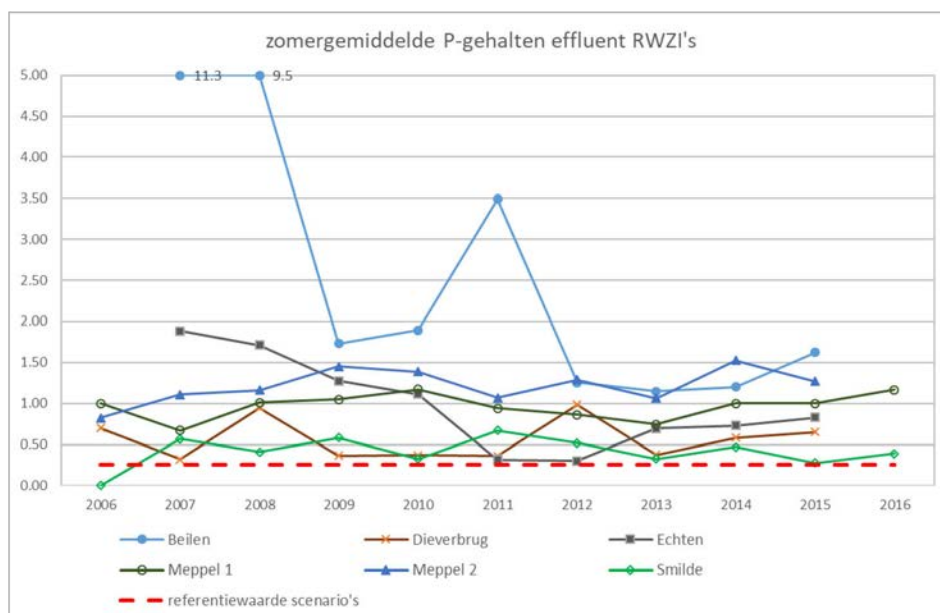
Vanggebied	Uit- en afspoeling (2010-2017)		Afname N- en P-belasting einde KRW-planperiode		Afname uit- en afspoeling	
	N (ton/jaar)	P (ton/jaar)	N (%)	P(%)	N (ton/jaar)	P (ton/jaar)
Drentse Kanalen	90,9	6,6	9,2%	8,2%	8,34	0,54
Meppelderdiep	3,7	0,3	7,7%	9,7%	0,28	0,03
Nieuwe Wetering Benedenloop	3,5	0,2	8,8%	3,4%	0,80	0,03
Nieuwe Wetering Bovenloop	6,0	0,3	11,4%	8,4%	0,85	0,03
Oude Diep	11,9	0,7	9,9%	8,9%	1,44	0,12
Oude Vaart	47,2	3,2	9,0%	8,6%	5,75	0,37
Raalterwetering	11,0	0,7	8,6%	4,9%	0,94	0,04
Reest	17,8	1,2	10,1%	10,7%	1,84	0,13
Wold Aa	33,9	2,1	9,7%	8,0%	3,66	0,19
Ramelerleiding	4,6	0,30	10,0%	6,8%	0,46	0,02
Kolkwetering	3,6	0,2	10,4%	4,6%	0,37	0,01

* Afname in de deelstroomgebieden inclusief de doorwerking (afwenteling) van de afgenomen af- en uitspoeling in bovenstroomse deelstroomgebieden.

7.3 Effecten verbetering zuiveringsrendement RWZI's

De lozingen van het effluent van de RWZI's vormen vooral voor fosfor in het zomerhalfjaar een belangrijke bijdrage aan de totale belasting in de Drentse Kanalen, Raalterwetering en, zij het in iets mindere mate, de benedenloop van de Nieuwe Wetering. Met het doseren van chemicaliën, al dan niet in combinatie met een zandfilter, is het volgens het waterschap mogelijk om de fosforconcentraties in het effluent te verlagen tot grofweg 0,25 mg/l.

De huidige gehalten in de zomer zijn weergegeven in Figuur 7.1. Deze variëren vanaf 2011 van grofweg 0,5 à 1,0 mg/L P (Smilde, Echten en Dieverbrug) tot 1,0 (Meppel) en 1,8 mg/L P (Beilen).



Figuur 7.1 Fosforconcentraties zomerhalfjaar in het effluent van de RWZI's in het studiegebied.

Voor het scenario 'verbetering zuiveringsrendement RWZI's' is ervan uitgegaan dat de concentraties in de zomer niet langer boven de 0,25 mg/l komen. Hiermee zijn de meetreeksen van de effluentconcentraties aangepast (afgetopt). Met deze aangepaste meetreeksen en de effluentdebieten zijn opnieuw de vrachten berekend. De resultaten hiervan zijn samengevat in Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Effluentconcentraties (mg/L P) en vrachten (ton) in het zomerhalfjaar voor de referentie (2011-2017) en het scenario 'verbetering zuiveringsrendement RWZI's'.

RWZI	P-gehalte effluent referentie (mg P/l)		P-vracht effluent referentie (ton)		Afname vracht (%)
	Referentie	Scenario	Referentie	Scenario	Scenario
Beilen	1,33	0,24	2,25	0,39	83%
Echten	0,65	0,26	3,30	1,25	62%
Meppel 1	0,97	0,24	1,52	0,38	75%
Meppel 2	1,25	0,23	2,76	0,59	79%
Dieverbrug	0,83	0,29	0,57	0,16	73%
Smilde	0,63	0,26	0,26	0,09	66%
Raalte	0,56	0,32	0,83	0,35	58%
Heino	0,92	0,24	0,30	0,08	73%

Met dit scenario nemen de vrachten van de RWZI's aanzienlijk af (58-83%). De RWZI's van Beilen, Echten, Meppel, Dieverbrug en Smilde lozen op het vanggebied van de Drentse Kanalen. Door de aangenomen verbetering van het zuiveringsrendement daalt de totale P-belasting in die kanalen in het zomerhalfjaar met 7,76 ton (0,18 kg P/ha). Onder dit reken scenario zou de reductieopgave zoals in variant A (0,16 kg P/ha) is toebedeeld aan het waterschap, ruimschoots worden ingevuld en de volledige reductieopgave (0,21 kg P/ha) voor 87%.

De RWZI's van Raalte lozen op de Raalterwetering. Met dit reken scenario daalt de totale belasting met 0,48 ton (0,13 kg P/ha). Hiermee wordt 66% van de reductieopgave zoals in variant A (0,20 kg P/ha) aan het waterschap is toebedeeld, ingevuld. Overigens is deze opgave in de tweede KRW-planperiode (SGBP2) al (grotendeels) ingevuld door het opvoeren van de ijzerdosering. De totale reductieopgave is echter nog mede gebaseerd op de oudere, en dus nog minder goede waterkwaliteitsgegevens in de Raalterwetering.

De RWZI van Heino loost op de benedenloop van de Nieuwe Wetering. Het schonere effluent van RWZI Raalte werkt via afwenteling ook door op de Nieuwe Wetering. Daardoor daalt de totale belasting in deze wetering met 0,44 ton (0,31 kg P/ha).

Het effect van de schonere effluents werkt via afwenteling ook deels door in het Oude Diep (daling 0,18 ton), de Oude Vaart (0,62 ton) en ook in geringe mate op de bovenloop van de Nieuwe Wetering (daling 0,004 ton).

7.4 DAW-maatregelen

7.4.1 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 wateruitwisseling tussen sloot en veenbodem versnellen, kan bij piekbuien water tijdelijk in de veenbodem worden opgeslagen en daaruit weer snel worden afgevoerd (Hendriks en Van den Akker, 2012). Meer achtergrondinformatie over de werking en effecten van onderwaterdrainage is te vinden in een van de Deltafacts van Deltaproof.⁸

⁸ <http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/deltafact/Onderwaterdrains.aspx>

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 veenafbraak waardoor minder N en P onder de wortelzone wordt gemineraliseerd en 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 modelstudies met SWAP-ANIMO, waarmee de effecten van grootschalige toepassing van onderwaterdrainage in het westen van Nederland is gesimuleerd (Hendriks, 2014). In dit onderzoek is een verlaging van de nutriëntenbelasting door onderwaterdrainage op de *lange termijn* (40 jaar) berekend van 17% voor N en 23% voor P.

Voor de rekenplots die met de herschikking voor de gebieden in de Drents Overijsselse Delta zijn geselecteerd, is nagegaan welke hiervan voldoen aan bovengenoemde criteria (veen zonder kleidek, droogleggen 40-60 cm-mv, geen sterke kwel). De arealen die voldoen aan deze toepasbaarheidscriteria zijn aangegeven in Tabel 7.3. In deze tabel is ook de afname van de af- en uitspoeling door de onderwaterdrainage (ODW) weergegeven.

Het effect, uitgedrukt in het percentage van de huidige af- en uitspoeling vanuit de landbouwgronden, is gering, omdat ten opzichte van het totale landbouwareaal het areaal veen gering is.

Tabel 7.3 Effect onderwaterdrainage (ODW) op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater.

Vanggebieden	Totaal (ha)	Voor ODW geschikt areaal (ha)	Relatieve afname* uit- en afspoeling door de maatregel	
	ha	ha	N (%)	P (%)
Drentse Kanalen	42.454	5.036	-2,1%	-5,4%
Meppelerdiep	1.786	6	-5,9%	-11,3%
Nieuwe Wetering	1.437	15	-0,1%	-0,4%
Benedenloop				
Nieuwe Wetering	2.216	347	-0,1%	-0,6%
Bovenloop				
Oude Diep	4.685	4.042	-1,1%	-1,6%
Oude Vaart	21.099	48	-3,3%	-7,2%
Raalterwetering	3.693	22	-0,3%	-1,0%
Reest	6.309	1.721	-3,1%	-7,1%
Wold Aa	13.178	0	-1,9%	-4,1%
Ramelerleiding	1.434	924	-0,3%	-1,1%
Kolkwetering	1.233	315	0,0%	0,0%

* Afname in de deelstroomgebieden inclusief de doorwerking (afwenteling) van de afgenomen af- en uitspoeling in bovenstroomse deelstroomgebieden.

7.4.2 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).

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 is namelijk in de regel sprake van intensieve bodembewerking en ruggenteelten met een verhoogd risico op N- en P-afspoeling en de bodemkwaliteit staat 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 akker- en tuinbouwgewassen, en 5% hogere N- en P-opname 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 de herschikking voor het landbouwareaal op zand zijn geselecteerd en de rekeneenheden waarmee met de landelijke modelstudie het effect van bodemverbetering op de uit- en afspoeling is berekend.

7.4.3 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 (vroeg rijpe) 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 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 in de praktijk dit 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 bodemverbetering 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 bodemverbetering op de uit- en afspoeling is berekend.

7.4.4 KringloopWijzer-plus

Onder 'KringloopWijzer-plus' wordt verstaan het nemen van maatregelen 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, 2017), 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 gebruik te maken van de 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 stikstof-kunstmest in het najaar, in afhankelijkheid van de afbreekbaarheid van de organische stikstof in de bodem.

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 (\approx melkveehouderij) en de rekeneenheden van de landelijke studie, is berekend hoeveel de -af en uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater afneemt. Hierbij is aangenomen dat het voor de melkveehouders mogelijk is om met KringloopWijzer+-maatregelen het N-bodemoverschot te verlagen met 20 kg N.ha⁻¹.

7.5 Effecten van DAW-maatregelen

De berekende effecten van de maatregelen onderwaterdrainage, KringloopWijzer+, bodemverbetering en precisiebemesting zijn weergegeven in Tabel 7.4. De verandering van de uit- en afspoeling voor het einde van de planperiode is uitgedrukt ten opzichte van de uit- en afspoeling die is berekend voor het zomerhalfjaar in de referentieperiode 2010-2017. Bedacht moet worden dat dit indicatieve berekeningen betreft, waarbij is uitgegaan van 100% implementatie en met maximaal effect.

Tabel 7.4 Berekende effecten van DAW-maatregelen: onderwaterdrainage (ODW), bodemverbetering, KringloopWijzer+ en precisiebemesting. De effecten zijn weergegeven als percentage waarmee de af- en uitspoeling zoals berekend voor het zomerhalfjaar (2010-2017) verandert. Afname is negatief uitgedrukt.

Vanggebied	ODW		KringloopWijzer		Bodemverbetering		Precisiebemesting	
	N	P	N	P	N	P	N	P
Drentse Kanalen	-2%	-5%	-10%	0%	-14%	-1%	-4%	0%
Meppelderdiep	-6%	-11%	-9%	0%	-10%	-3%	0%	0%
Nieuwe Wetering Benedenloop	0%	0%	-14%	0%	-19%	-3%	0%	0%
Nieuwe Wetering Bovenloop	0%	-1%	-19%	0%	-27%	-6%	-1%	0%
Oude Diep	-1%	-2%	-14%	0%	-21%	1%	-1%	0%
Oude Vaart	-3%	-7%	-10%	0%	-17%	-1%	-2%	0%
Raalterwetering	0%	-1%	-14%	0%	-19%	-2%	-1%	0%
Reest	-3%	-7%	-12%	0%	-11%	-5%	-1%	0%
Wold Aa	-2%	-4%	-12%	0%	-16%	-2%	-1%	0%
Ramelerleiding	0%	-1%	-17%	0%	-29%	-3%	0%	0%
Kolkwetering	0%	0%	-18%	0%	-24%	-6%	0%	0%

De effecten zijn berekend voor alle percelen waarvan is aangenomen dat de maatregel toepasbaar is. Voor onderwaterdrainage zijn dit alle graslandpercelen op veengronden met grondwatertrap <IV en waar de kwel minder is dan 1 mm/d. Voor KringloopWijzer+ alle gras- en maispercelen (melkveehouderijen), voor bodemverbetering alle landbouw op zandgronden en precisielandbouw voor alle akkerbouwpercelen.

Uit Tabel 7.4 komt naar voren dat de maatregelen overwegend een positief effect hebben op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater (afname van de nutriëntenbelasting). Het grootste effect op de stikstofbelasting wordt gerealiseerd met de maatregel KringloopWijzer+ en bodemverbetering.

Effecten van combinaties aan maatregelen

De hierboven beschreven maatregeleffecten 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.

Voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit wordt de volgende formule gebruikt om het gecombineerde effect van de DAW-maatregelen te berekenen:

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

Het deeleffect van een bepaald type maatregel (bron, route of effectgericht) is hierbij als volgt gedefinieerd, waarbij het maatregeleffect 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 7.5. In deze tabel is ook de referentie (huidige situatie) van de af- en uitspoeling opgenomen en de afname daarvan rond het einde van de KRW-planperiode (rond 2027) door het mestbeleid.

De percentages in Tabel 7.5 kunnen voor de effecten van DAW worden gezien als een bovengrens. Dit omdat er uitgegaan wordt van een implementatie op alle beschouwde percelen (100% implementatie), er ook sprake is van overlap tussen bepaalde maatregelen en niet alle maatregelen te combineren zijn

op eenzelfde landbouwperceel. De uit- en afspoeling zal aan het einde van de planperiode volgens deze (modelmatige) inschatting voor stikstof afnemen met circa 0,4 à 0,8 kg N/ha (gemiddelde afname 22% ten opzichte van de referentie) voor fosfor met 0,01 à 0,03 kg P/ha (gemiddelde afname 12%).

Tabel 7.5 Grove inschatting van het gecombineerde effect van de in deze studie doorgerekende landbouwmaatregelen: huidige af- en uitspoeling, de afname daarvoor rond 2027 door huidig mestbeleid, verdere afname door maximale implementatie DAW-maatregelen (OWD, KringloopWijzer+, bodemverbetering en precisie landbouw) en het gecombineerde effect (huidig mestbeleid (conform 5^e NAP) plus DAW).

Vanggebied	Gecombineerde effect landbouwmaatregelen op uit- en afspoeling							
	Stikstof				Fosfor			
	Huidig (kg/ha)	Huidig mestbeleid (kg N/ha)	DAW max	Combinatie (kg/ha)	Huidig (kg/ha)	Huidig mestbeleid (kg N/ha)	DAW max	Combinatie (kg/ha)
Drentse Kanalen	1.80	-0.20	-13%	-0.40	0.13	-0.01	-6%	-0.02
Meppelerdiep	1.65	-0.16	-13%	-0.36	0.13	-0.02	-13%	-0.03
Nieuwe Wetering Benedenloop	5.83	-0.55	-5%	-0.82	0.40	-0.02	-1%	-0.02
Nieuwe Wetering Bovenloop	3.28	-0.38	-14%	-0.80	0.18	-0.02	-5%	-0.02
Oude Diep	2.66	-0.25	-12%	-0.54	0.22	-0.01	0%	-0.01
Oude Vaart	2.61	-0.20	-10%	-0.45	0.15	-0.01	-6%	-0.02
Raalterwetering	2.66	-0.25	-13%	-0.57	0.18	-0.01	-2%	-0.01
Reest	2.31	-0.28	-12%	-0.52	0.16	-0.02	-9%	-0.03
Wold Aa	2.23	-0.25	-12%	-0.48	0.14	-0.01	-4%	-0.02
Ramelerleiding	2.89	-0.32	-19%	-0.81	0.19	-0.01	-3%	-0.02
Kolkwetering	2.75	-0.30	-16%	-0.70	0.16	-0.01	-3%	-0.01

Als voldaan moet worden aan de reductieopgave voor stikstof zoals die voor de landbouw met variant A (bovengrens) is afgeleid, moet de stikstofuitspoeling in het Meppelerdiep afnemen met 25% en in de Raalterwetering met 28%. Deze opgaven worden volgens het gecombineerde effect bijna bereikt.

Als voldaan moet worden aan de reductieopgave voor fosfor zoals die voor de landbouw met variant A is afgeleid, moet de fosforuitspoeling in de Drentse Kanalen, Raalterwetering en Wold Aa afnemen met respectievelijk 29%, 30% en 26%. In het Meppelerdiep moet de uitspoeling volgens variant A zelfs afnemen met 98%. Deze reductieopgaven worden lang niet bereikt. Als wordt uitgegaan van de reductieopgave zoals berekend met variant B (ondergrens), moet de uitspoeling in de Drentse Kanalen en Raalterwetering afnemen met 15%, in Wold Aa met 5% en in het Meppelerdiep met 12%. Deze ondergrens van de reductieopgave voor de landbouw worden wel bereikt, alleen niet in de Raalterwetering.

7.6 Effecten maatregelen op de nutriëntenbelasting

Voor deze studie zijn berekeningen uitgevoerd voor verbetering van RWZI's, doorkijk huidig mestbeleid en DAW-maatregelen. Het effect van deze maatregelen op de totale nutriëntenbelasting is weergegeven in Figuur 7.2 (stikstof) en Figuur 7.3 (fosfor).

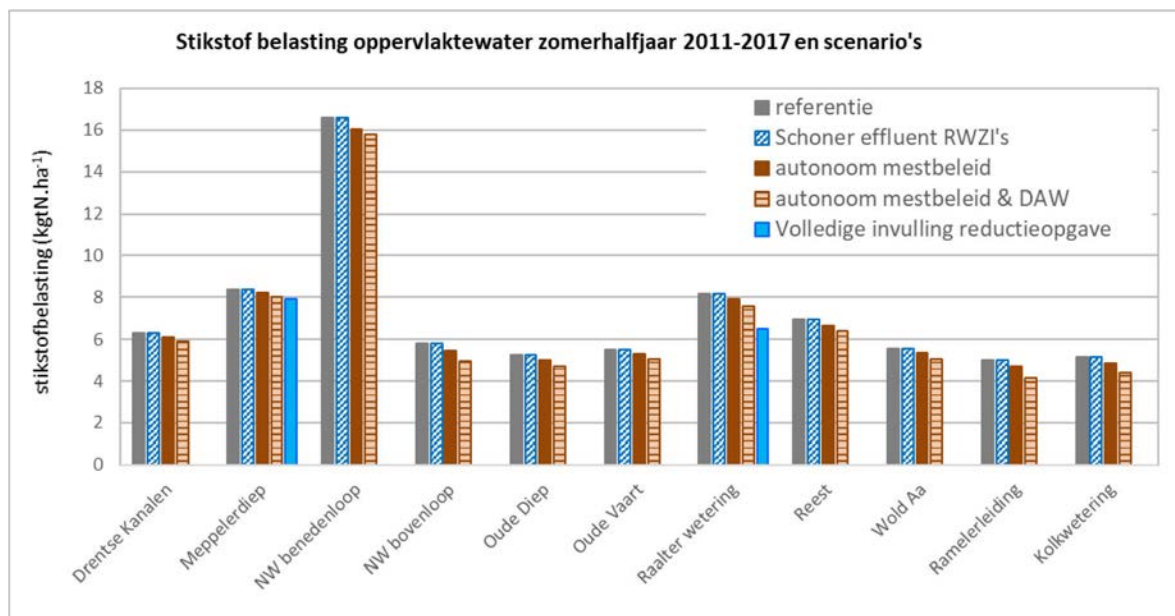
Uit beide figuren komt naar voren dat de effecten van de landbouwmaatregelenscenario's geen groot effect hebben op de totale belasting. Dit in tegenstelling tot de RWZI-maatregel voor fosfor, wat in de Drentse Kanalen, Nieuwe Wetering Benedenloop, Raalterwetering duidelijk afneemt.

De reductieopgave voor stikstof, toebedeeld aan landbouw volgens variant A (bovengrens) wordt in zowel het Meppelerdiep als in de Raalterwetering wel voor een groot deel ingevuld (respectievelijk voor 88% en 78%).

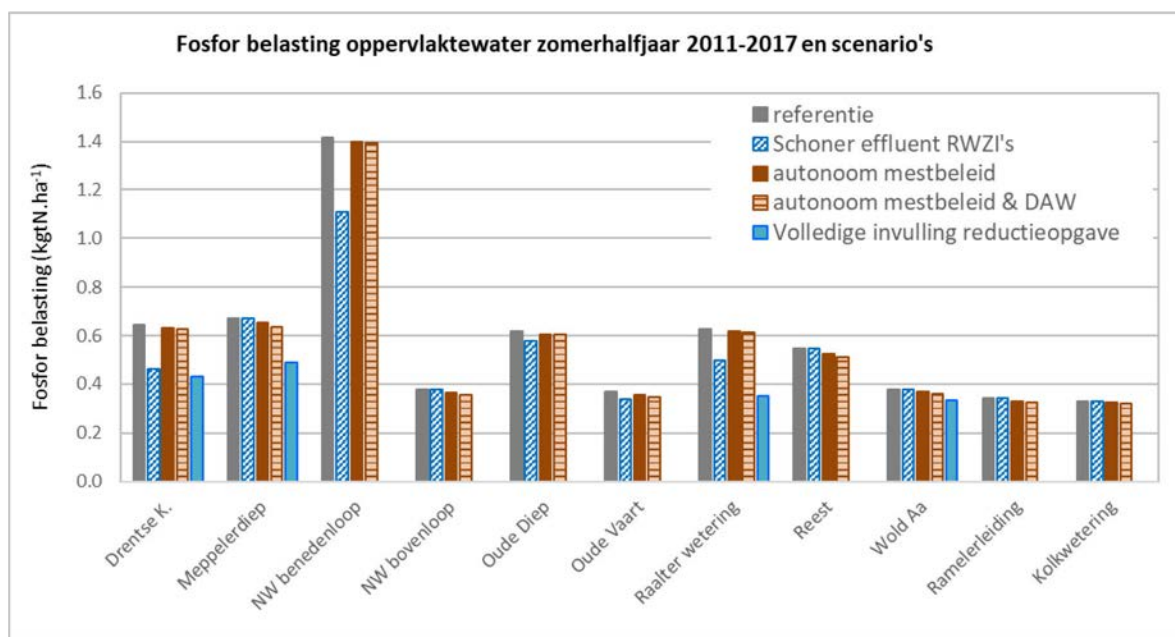
Voor het waterschap is alleen een reductieopgave voor stikstof berekend voor de Raalterwetering. Deze opgave bedraagt volgens variant A (bovengrens) 3,2 ton (0,87 kg N/ha). Omdat de RWZI- maatregelen alleen betrekking hebben op reductie van fosfor, wordt deze opgave met de scenario's niet ingevuld.

De reductieopgave voor fosfor, toebedeeld aan landbouw volgens variant A wordt in het Meppelerdiep en Raalterwetering voor een kwart (24% en 23%) ingevuld en in de Drentse Kanalen en Wold Aa voor de helft (52% en 50%). Door de RWZI-maatregel wordt de reductieopgave voor fosfor zoals in de Drentse Kanalen toebedeeld met variant A aan het waterschap ruimschoots ingevuld.

In de Raalterwetering wordt die opgave voor het waterschap voor 66% ingevuld. Er resteert dan nog een opgave voor fosfor van 0,73 ton (0,2 kg P/ha). Hierbij moet worden opgemerkt dat de opgave gebaseerd is op de gemiddelde kwaliteit van het effluent over de periode van 2011-2017, terwijl door meer ijzerdosering de kwaliteit van de RWZI Raalte de laatste jaren aanzienlijk verbeterd is.



Figuur 7.2 Stikstofbelasting oppervlaktewater in het zomerhalfjaar voor de periode 2010-2017 en voor de maatregelenscenario's.



Figuur 7.3 Fosforbelasting oppervlaktewater in het zomerhalfjaar 2010-2017 en maatregelenscenario's.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

Watersysteem

Door het onderzoek is beter inzicht verkregen in het gedrag van het watersysteem in de beschouwde gebieden tussen de zomerperiode en winterperiode. In de winterperiode wordt niet of nauwelijks water aangevoerd. In het noordelijke gebied wordt het water dan merendeels afgevoerd naar het Meppelerdiep. In het zuidelijke deel wordt het water vooral afgevoerd via de koppelleiding naar de Soestwetering.

In de zomerperiode wordt in het noordelijke gebied water aangevoerd vanuit het Meppelerdiep naar de verschillende kanalen (o.a. Drentsche Hoofdvaart, Beilervaart, Hoogeveensche Vaart) en vandaar uit naar de waterlichamen Oude Vaart, Oude Diep, Reest en Wold Aa. Ook wordt er water aangevoerd vanuit het beheergebied van waterschap Vechtstromen. In het zuidelijke studiegebied wordt water ingelaten vanuit het Overijssels kanaal en vanuit de Soestwetering.

Plausibiliteit

De plausibiliteit van de bronnenanalyse is onderzocht door de berekende water- en nutriëntenbalans te vergelijken in vanggebieden waar de debieten en nutriëntenvrachten uit metingen kunnen worden afgeleid. Bij het vergelijken moet worden bedacht dat de monitoring van de debieten en concentraties op de uitwisselpunten vrij grote onzekerheden geeft voor op te stellen balansen en dat mede hierdoor de hoeveelheden waterinlaat in diverse vanggebieden moeilijk door de hydrologen van het waterschap zijn in te schatten. Het watersysteem is qua aan- en afvoer en seizoenale verschillen daarin zodanig complex dat een zinvolle vergelijking tussen berekeningen en metingen in de Drentse Kanalen, Raalterwetering en Nieuwe Wetering Bovenloop niet goed mogelijk is. De vergelijking is wel mogelijk voor zes van de negen vanggebieden. De plausibiliteit

Uit de vergelijking kan geconcludeerd worden dat de bronnenanalyse voldoende plausibel is om de herkomst af te leiden en de effecten van maatregelen te schatten. De berekende water- en stoffenbalans (stikstof en fosfor) vertoont goede overeenkomst met de beschikbare metingen. In de situaties waar de verschillen buiten de onzekerheidsmarges vallen, is een aantal mogelijke verklaringen benoemd (omissies in debieten en mogelijk te laag berekende retentie van fosfor). Uit de vergelijking van debietmetingen met modelberekeningen rijst het vermoeden dat een deel van de winterafvoer van de Raalterwetering en Nieuwe Wetering Bovenloop wordt afgevoerd naar de Nieuwe Wetering Benedenloop. Het lijkt erop dat niet de volledige afvoer via de koppelleiding bij de stuw Rietberg naar de Soestwetering plaatsvindt (zoals in overleg met de hydrologen van het waterschap is vastgesteld).

De aanname van volledige afvoer via de koppelleiding lijkt dus niet plausibel.

Herkomst nutriëntenbelasting

Omdat er grote verschillen zijn in het gedrag van watersysteem tussen de zomer- en winterperiode is ook de herkomst van de nutriëntenbelasting voor beide periode verschillend.

Zomerperiode

In de zomerperiode zijn de belangrijkste bronnen externe aanvoer van inlaatwater (via de IJssel, randmeren en beheergebied Vechtstromen), af- en uitspoeling uit landbouwgronden en RWZI's.

Voor stikstof varieert de bijdrage van de externe aanvoer van de 13 tot 46%. Af- en uitspoeling uit landbouwgronden draagt voor 20 tot 50% bij aan de stikstofbelasting. Dit komt vooral door actuele bemesting (bijdrage 11 tot 42%). RWZI's hebben vooral invloed op de stikstofbelasting in de Drentse kanalen (20%), Nieuwe Wetering Benedenloop (25%) en Raalterwetering (32%). Via afwenteling

hebben de RWZI's ook invloed op de stikstofbelasting in het Oude Diep (4%), Oude Vaart (5%) en Nieuwe Wetering Bovenloop (1%). De bijdrage van andere bronnen is minder dan 10%.

Voor fosfor varieert de bijdrage van de externe aanvoer aan de fosforbelasting van 8 tot 47% en af- en uitspoeling uit landbouwgronden van 20 tot 54%. Voor fosfor wordt de af- en uitspoeling slechts in beperkte mate bepaald door actuele bemesting (< 10%) en dragen vooral nalevering (10-37%) en in iets mindere mate historische bemesting (4-15%) bij aan de fosforbelasting. De RWZI's leveren voor fosfor een grotere bijdrage aan de belasting dan stikstof, namelijk in de Drentse Kanalen 39%, Nieuwe Wetering Benedenloop 34%, Raalterwetering 36%, Oude Diep 10%, Oude Vaart 10% en Nieuwe Wetering Bovenloop 1%. In enkele gebieden (Nieuwe Wetering Bovenloop, Ramelerleiding, Kolkwetering) is ook erfafspoeling in de zomer een belangrijke bron (bijdrage > 10%) voor fosfor.

Voor ammonium is het niet mogelijk om een volledige balans op te stellen, omdat niet voor alle bronnen de benodigde informatie beschikbaar is. Wel is het mogelijk om de ammoniumbelasting vanuit het landelijke gebied te vergelijken met die van RWZI's (Drentse Kanalen, Raalterwetering en Nieuwe Wetering Benedenloop). Voor de Drentse Kanalen en Nieuwe Wetering Benedenloop is de bijdrage van dezelfde orde van grootte, voor de Raalterwetering is de bijdrage van de RWZI aan de ammoniumbelasting van het oppervlaktewater significant hoger dan de bijdrage van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden.

Winterperiode

In de winterperiode speelt externe inlaat geen rol. Af- en uitspoeling en RWZI's zijn dan de belangrijkste bronnen. Voor stikstof levert de af- en uitspoeling een dominante bijdrage (69-94%). Deze af- en uitspoeling komt vooral door actuele bemesting (46-67%), maar ook nalevering uit landbouwgronden (6-17%) en af- en uitspoeling natuurgronden (6-22%) leveren een belangrijke bijdrage. In de winter dragen de RWZI's minder bij aan de stikstofbelasting dan in de zomer (Drentse Kanalen 12%, Nieuwe Wetering Benedenloop 8%, Raalterwetering 22%). Omdat de stromingsrichting in de winter anders is dan in de zomer, hebben de RWZI's in de winter ook invloed op de stikstofbelasting in het Meppelerdiep (bijdrage 7%).

Ook voor fosfor komt de belasting in de winter vooral door af- en uitspoeling (56%-90%). Uitspoeling door nalevering levert dan de grootste bijdrage aan de fosforbelasting (28%-60%), maar ook leveren uitspoeling door historische bemesting (8%-24%), actuele bemesting (3%-15%) en natuurgronden (5%-21%) een belangrijke bijdrage aan de fosforbelasting in het winterhalfjaar. In het winterhalfjaar is aandeel van de RWZI's in de fosforbelasting nog steeds belangrijk (Drentse Kanalen 23%, Nieuwe Wetering Benedenloop 10%, Raalterwetering 30% en Meppelerdiep 14%).

Voor ammonium is het niet mogelijk om een volledige balans op te stellen, omdat niet voor alle bronnen de benodigde informatie beschikbaar is. Wel is mogelijk om de ammoniumbelasting vanuit het landelijk gebied te vergelijken met die van RWZI's (Drentse Kanalen, Raalterwetering en Nieuwe Wetering Benedenloop). De bijdrage van de RWZI's in de winterperiode zijn lager dan de bijdrage van de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden, voor het vanggebied Raalterwetering is het verschil kleiner dan voor de vanggebieden Drentse kanalen en Nieuwe Wetering Benedenloop.

Reductieopgave stikstof en fosfor

De reductieopgaven zijn berekend op basis van de gemeten overschrijdingen van de KRW-doelen voor stikstof en fosfor in het zomerhalfjaar (concentraties) en de berekende uitgaande stikstof- en fosforvrachten. Voor stikstof is zo een reductieopgave berekend voor het Meppelerdiep (0,5 kg N/ha) en Raalterwetering (1,6 kg N/ha), voor fosfor voor de Drentse Kanalen (0,21 kg P/ha), Meppelerdiep (0,18 kg P/ha), Raalterwetering (0,28 kg P/ha) en Wold Aa (0,04 kg P/ha). Deze opgaven zijn toebedeeld aan landbouw, waterschap, industrie en gemeenten volgens twee beleidsvarianten die een soort boven- en ondergrens aangeven. In het Meppelerdiep en Wold Aa ligt de reductieopgave bij deze toedeling voornamelijk bij landbouw, in de Raalterwetering en Drentse kanalen voor het merendeel bij het waterschap.

Effecten maatregelen

In het onderzoek zijn effecten berekend van maatregelen voor RWZI-effluent met een lagere fosforconcentratie. Hieruit blijkt dat de fosforbelasting in de Drentse Kanalen, Nieuwe Wetering Benedenloop en Raalterwetering duidelijk afneemt. Hiermee wordt in de Drentse Kanalen de totale reductieopgave ruimschoots ingevuld. In de Raalterwetering wordt hiermee de reductieopgave zoals met de bovengrens toebedeeld aan het waterschap voor twee derde ingevuld.

Hierbij wordt opgemerkt dat het effluent van de RWZI vanaf 2012 al aanzienlijk minder fosfor bevat, terwijl de berekende reductieopgave is berekend over het gemiddelde van 2011-2017.

Verder is de af- en uitspoeling die optreedt aan het einde van de KRW-planperiode, uitgaande van het mestbeleid van het 5^e NAP vastgesteld op basis van bestaande modelresultaten (Schoumans et al., 2017). Voor het studiegebied wordt een daling van de huidige uitspoeling voorzien van circa 10% voor stikstof en circa 8% voor fosfor. Indicatieve berekeningen van effecten van DAW-maatregelen met een grote implementatiegraad laten een vermindering van de af- en uitspoeling respectievelijk 13% en 5% voor stikstof en fosfor zien.

Met de landbouwscenario's tezamen wordt de reductieopgave voor stikstof in het Meppelerdiep en Raalterwetering zoals met de bovengrens is toebedeeld aan landbouw voor een groot deel ingevuld (respectievelijk 93% en 82%). Voor fosfor wordt deze reductieopgave in het Meppelerdiep en Raalterwetering voor een kwart (25% en 24%) ingevuld en in de Drentse Kanalen en Wold Aa voor iets meer dan de helft (53% en 52%).

8.2 Aanbevelingen

Het watersysteem is complex qua aan- en afvoer en seizoenale wisselingen. Voor het waterkwaliteitsbeheer en de onderbouwing van maatregelen wordt aanbevolen om met gerichte monitoring meer inzicht te verwerven in de water- en stofbalansen. Aanbevolen wordt om hierbij rekening te houden met een gewenste opsplitsing van de kanalen en vaarten die in de onderhavige studie deel uitmaken van de Drentse Kanalen.

De doorgerekende DAW-maatregelen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het voldoen aan de reductieopgave voor landbouw. Vooral bodemverbeterende maatregelen en efficiënter mineralenmanagement in melkveehouderij lijken bij te dragen aan de vermindering van de stikstofuitspoeling. Daarnaast draagt onderwaterdrainage bij aan de vermindering van de fosforuitspoeling.

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. Hiermee kan de berekening van afspoeling gebiedsspecifiek worden afgestemd op de actuele veldsituatie, waardoor hotspots voor P-afspoeling beter zijn aan te wijzen en effecten van maatregelen die daarop ingrijpen, beter kunnen worden ingeschat.

Om stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater substantieel verder te verlagen, kan het effectief zijn om maatregelen te nemen waardoor de retentie in de watergangen toeneemt. 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 slotmaaisel te verwijderen. De potentie hiervan kan ingeschat worden met een tool die recent door de WUR is ontwikkeld (Gerven, 2020; in prep.).

Literatuur

- 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.
- 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.
- Boekel, E.M.P.M., Smit, A.A.M.F.R., Mulder, H.M., Groenendijk P., 2013. *Procedure afleiden regionale uit- en afspoelingcijfers 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-rapport 2408.
- 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. 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, R.F.A. Hendriks, P.N.M. Schipper, 2018. *Herkomst Nutriënten Alblasserwaard en VijfHeerenlanden*, Wageningen Environmental Research, Rapport 2891.
- Fennema et al. (2017) *Herkomst probleemstoffen in oppervlaktewater Rijn-Oost*, WB-rapport ZL511-17, 123 pp.
- Gaalen, Frank van, Aaldrik 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, beleidstudie'*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- Gerven, L.P.A. van; Smit, A.A.M.F.R.; Groenendijk, P.; Bolt, F.J.E. van der; Klein, J.J.M. de. 2009. *'Retentieschatting van N en P in het oppervlaktewater op verschillende schaalniveaus'*. Wageningen, Alterra-rapport 1848.
- Gerven, L. van, 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., (2020, in prep.). *Zuiveringstool oppervlaktewaterkwaliteit. Een rekeninstrument ter voorspelling van het effect van zuiveringsmaatregelen op de N- en P-concentraties in het oppervlaktewater.*
- Grinsven H. van & Bleeker A (2017) *Evaluatie Meststoffenwet 2016: syntheserapport*. PBL-rapport 2258, 196 pp.
- 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 5^e Actieprogramma voor nitraat en N- en P-belasting van het oppervlaktewater'*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2647.
- Groenendijk, Piet; Boekel, Erwin van; Renaud, Leo; Greijdanus, Auke; Michels, Rolf; Koeijer, Tanja de 2016. *'Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren: het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden'*, Wageningen, WENR-rapport 2749.
- 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. 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, Alterra-rapport 2354.
- 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.
- 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; methodiekb beschrijving en toepassing Drentsche Aa'*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1913.
- Kronvang B, Hezlar J., Boers P., Jensen J.P., Behrendt H., Anderson T., Arheimer B., Venohr M. & Hoffman C.C., 2004. *Nutrient Retention Handbook. Software Manual for EUROHARP NUTRET and Scientific review on nutrient retention.*, 103 pp. Oslo, Norway: NIVA.
- 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.
- Liefting, E., en H. de Man, 2017. *'EmissieRegistratie Afvalwaterketen', Achtergrondrapport bij de in 2017 geactualiseerde factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's'*. Partners4urbanwater en Deltares, 15 juni 2017.
- Ministerie Infrastructuur en Milieu, *'Kamerbrief over de stand van zaken waterveiligheid en waterkwaliteit 14 november 2016, onderdeel 'Delta-aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater'*.
- Martin Mulder, Peter Schipper, Edwin Jongman en Joost Heijkers. *'Onzekere Debietschattingen'*. Aikel 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, 6 pp
- Salm, C. van der, P. Groenendijk, R. Hendriks, L. Renaud & H. Massop (2015), *Opties voor benutten van de bodem voor schoon oppervlaktewater*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2588.
- 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. en J. Rozemeijer 2018. *'Toedelen KRW-opgave nutriënten stroomgebied Maas aan broneigenaren'*. Notitie RBOM-DHZ 7 december 2018.
- Schipper, P.N.M. ; Hendriks, R.F.A. ; Massop, H.T.L. ; Boekel, E.M.P.M. 2016. *'Belasting van waterlichamen in de Krimpenerwaard met stikstof en fosfor'*. Wageningen, Alterra rapport 2738.
- Schipper, P.N.M., M.P.M. van Boekel, L.V. Renaud Van Boekel 2019. Bronnenanalyse nutriënten Maas stroomgebied. Wageningen, WENR rapport 2931, januari 2019.
- Velthof et al. (2018). Wettelijk instrumentarium voor landbouwmaatregelen om waterkwaliteit te verbeteren. Realisatie van nutriëntendoelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water. WOt-rapport 129, 118 pp.
- Verhoeven en Ros (2017) Kanskaart Waterkwaliteit: slimme combinaties. V-Focus 02-2018, 4 pp.
- 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, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 811.
- WiBo, 2015. *Watersysteemstudie Krimpen aan den IJssel*. Witteveen+Bos rapport in opdracht van Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard.
- Wolf J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rötter, H. van Zeijts, 2003. *The integrated modelling system STONE for calculating emissions from agriculture in the Netherlands*. Environmental Modelling & Software 18: 597-617.
- 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.
- Woestenburg, M. en T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Sturen op schoon water: eindrapportage project Monitoring Stroomgebieden*.

Bijlage 1 Herschikkingsprocedure

B1.1 STONE-schematisering

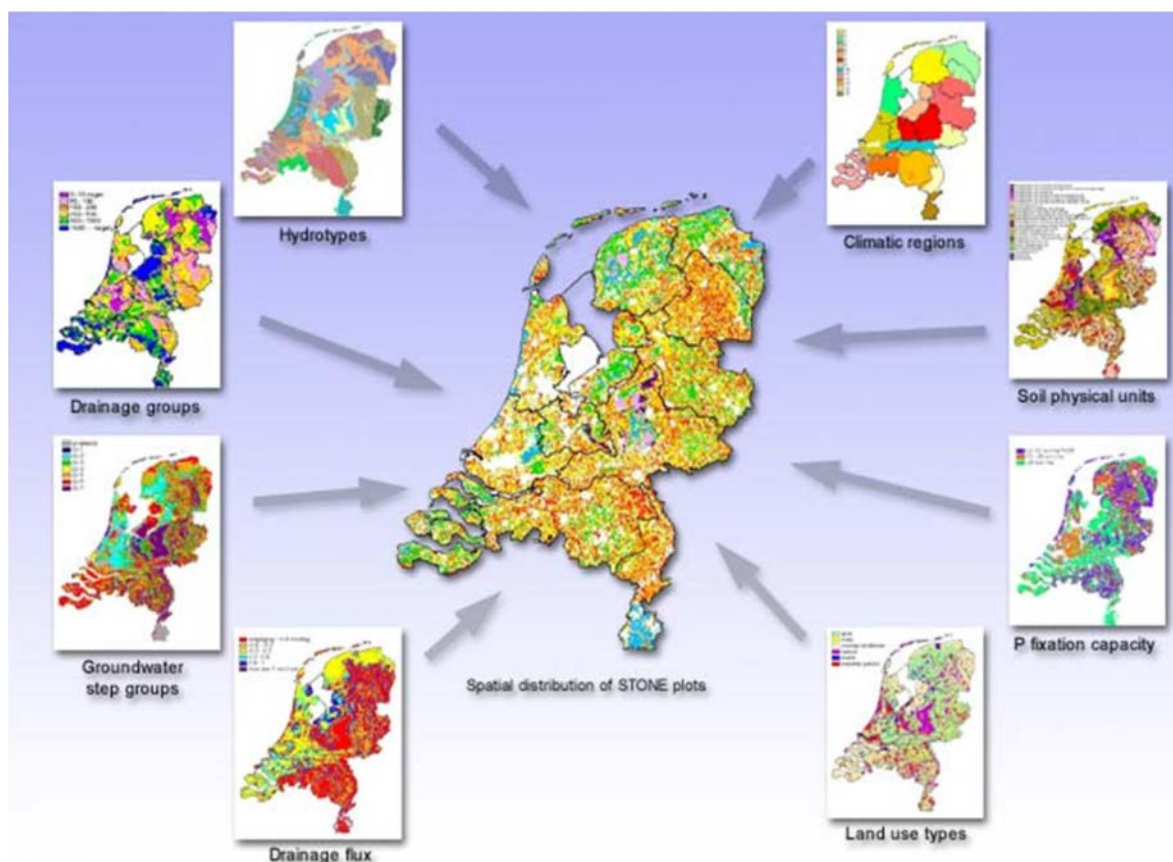
STONE (Samen Te Ontwikkelen Nutriënten Emissiemodel) is een landelijk model dat erop gericht is om op nationale schaal de effecten van nationaal of Europees landbouw- en milieubeleid en de ontwikkelingen in de landbouwsector op de uitspoeling van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater te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

De ruimtelijke indeling voor STONE is opgesteld door Kroon et al. (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, drainagegroepen, 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.

B1.2 Herschikkingsprocedure

De herschikkingsprocedure is toegepast in verschillende regionale studies voor verschillende opdrachtgevers (Monitoring Stroomgebieden (Woestenburg en Van Tol-Leenders, 2011), HDSR (Van Boekel et al., 2013), Achtergrondbelasting HHNK (Van Boekel et al., 2015), Bronnenanalyse Wetterskip Fryslân (Van Boekel et al., 2016), Bronnenanalyse Waterschap Rivierenland (Van Boekel et al., 2018)).

De herschikkingsprocedure bestaat uit verschillende onderdelen:

1. Gebiedsanalyse
 - vervaardigen nieuwe geclassificeerde kaarten;
 - overlay van kaarten en afleiden van MLB⁹-combinaties.
2. Afleiden nieuwe N- en P-uitspoelingcijfers
 - selectie van representatieve STONE-plots die passen bij MLB⁹-combinaties;
 - Aggregeren van N- en P-belasting op ERC-niveau;
 - Neerschalen van N- en P-belasting naar het studiegebied (LSW-niveau).

Stap 1: Gebiedsanalyse

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

De eerste stap in de herschikkingsprocedure is het genereren van een landsdekkende MLB⁹-kaart waarin een aantal kaartlagen is meegenomen:

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

Landgebruik

Voor het huidige landgebruik wordt op dit moment gebruikgemaakt van het LGN7-bestand (Hazeu et al., 2014). Het LGN7-bestand onderscheidt 39 landgebruikstypen. Het is een gridbestand 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, mais, natuur, stedelijk gebied en open water, waarna een nieuwe LGN-kaart wordt vervaardigd met een resolutie van 25*25 m.

Bodemtype

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 et al., 1988) en onderscheidt naar bodemopbouw **21** verschillende eenheden. 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.

⁹ MLB⁹ 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 (De Vries et al., 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.

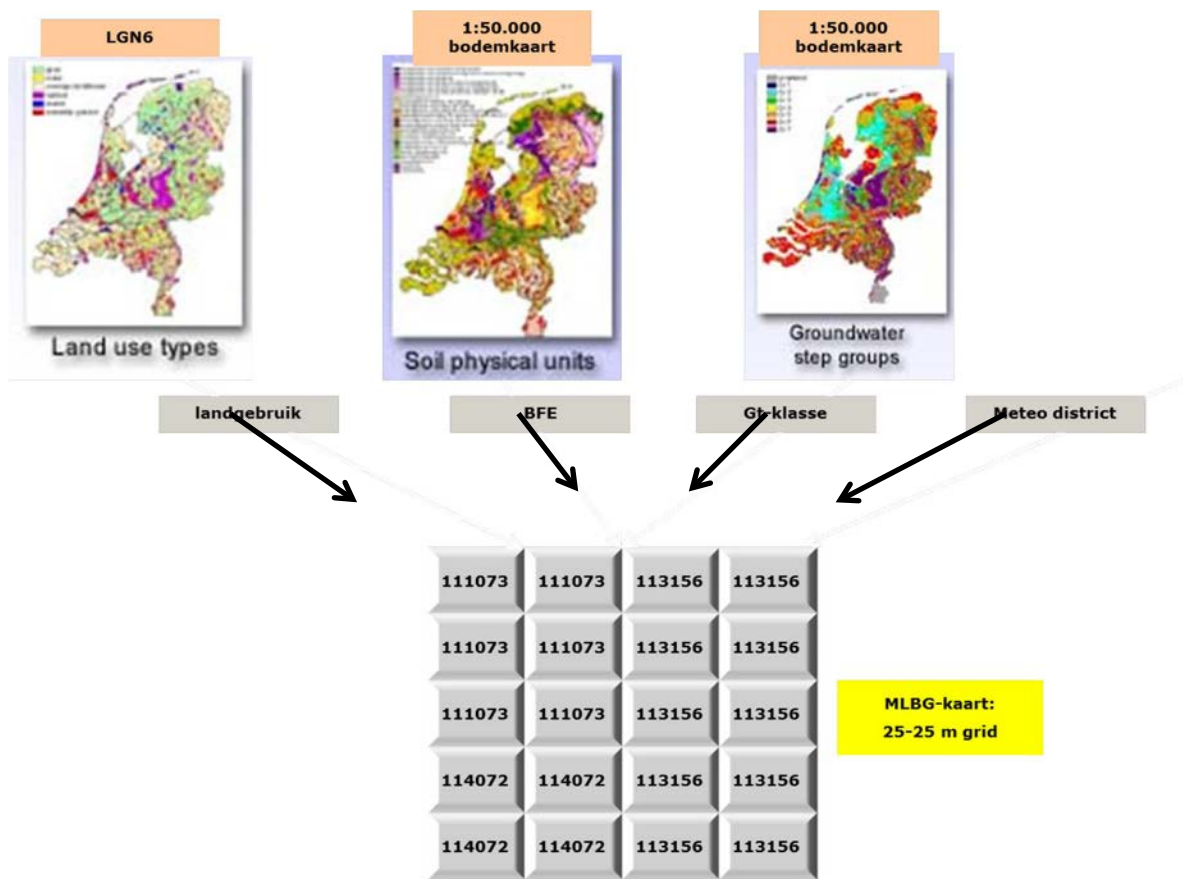
Code grondwatertrap	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)
I	-	< 50
II	-	50 - 80
II*	25 - 40	50 - 80
III	< 40	80 - 120
III*	25 - 40	80 - 120
IV	> 40	80 - 120
V	< 40	> 120
V*	25 - 40	> 120
VI	40 - 80	> 120
VII	80 - 140	> 120
VII*	> 140	> 120

Meteodistricten

Naast het 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 15 weerregio's onderscheiden.

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).



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

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 beiden kaarten. In Tabel B1.3 zijn een paar voorbeelden gegeven. Het meteedistrict is in dit voorbeeld weggelaten.

Tabel B1.3 Aantal voorbeelden van een mismatch tussen de LGN7-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 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. Op voorhand is hierdoor al duidelijk dat er voor dit type MLBG-eenheid geen representatieve STONE-plots gevonden kunnen worden.

In het script is een tussenstap voorzien waarin de MLBG-eenheden met een combinatie waarvoor sowieso geen STONE-plots gevonden kunnen worden omgezet in een nieuwe eenheid. Hierbij is gekozen om het landgebruikstype op basis van LGN7 leidend te maken, met andere woorden het landgebruik verandert niet.

Als op basis van LGN7 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 LGN7 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 MLBG-eenheden binnen een ERC-gebied/ECHO-gebied.

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.

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	1337
4	Natuur	14
BFE		
07	Stuifzandgronden	2
15	Homogene zavelgronden	1519
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	1441

Op basis van bovenstaande informatie worden de MLBG-eenheden met een mismatch 'omgezet' (Tabel B1.5).

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

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.

Stap 2: afleiden N- en P-vrachten

Nadat nieuwe MLBG-eenheden zijn bepaald, zijn representatieve STONE-plots gezocht voor het berekenen van de uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Hierbij kunnen de volgende drie 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 uit- en afspoeling bepaald. Ook wordt voor de herkomst van de bronnen van de uit- en afspoeling 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, wordt de berekende uit- en afspoeling van deze plot toegekend aan een MLBG-eenheid.

Situatie 3

Indien er geen representatieve STONE-plots gevonden wordt, omdat de gewenste combinatie landgebruik, bodemfysische eenheid en Gt-klasse binnen een meteodistrict niet voorkomt, ervoor gekozen om stapsgewijs steeds meer informatie van de MLBG-eenheden los te laten, net zolang tot 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 1	1:1 match, geen aanpassingen
Stap 2	Trapsgewijze aanpassing van de bodemfysische eigenschappen <u>met</u> restricties
Stap 3	Trapsgewijze aanpassing van de Gt-klassen <u>met</u> restricties op basis van de GHG
Stap 4	Combinatie van stap 2 en stap 3
Stap 5	Aanpassing bodemfysische eigenschappen met <u>beperkte</u> restricties
Stap 6	Combinatie van stap 3 en stap 5
Stap 7	Aanpassing Gt-klasse <u>zonder</u> restricties
Stap 8	Combinatie van stap 2 en stap 7
Stap 9	Combinatie van stap 5 en stap 7
Stap 10	Aanpassen bodemfysische eigenschappen en Gt-klasse <u>zonder</u> restricties

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

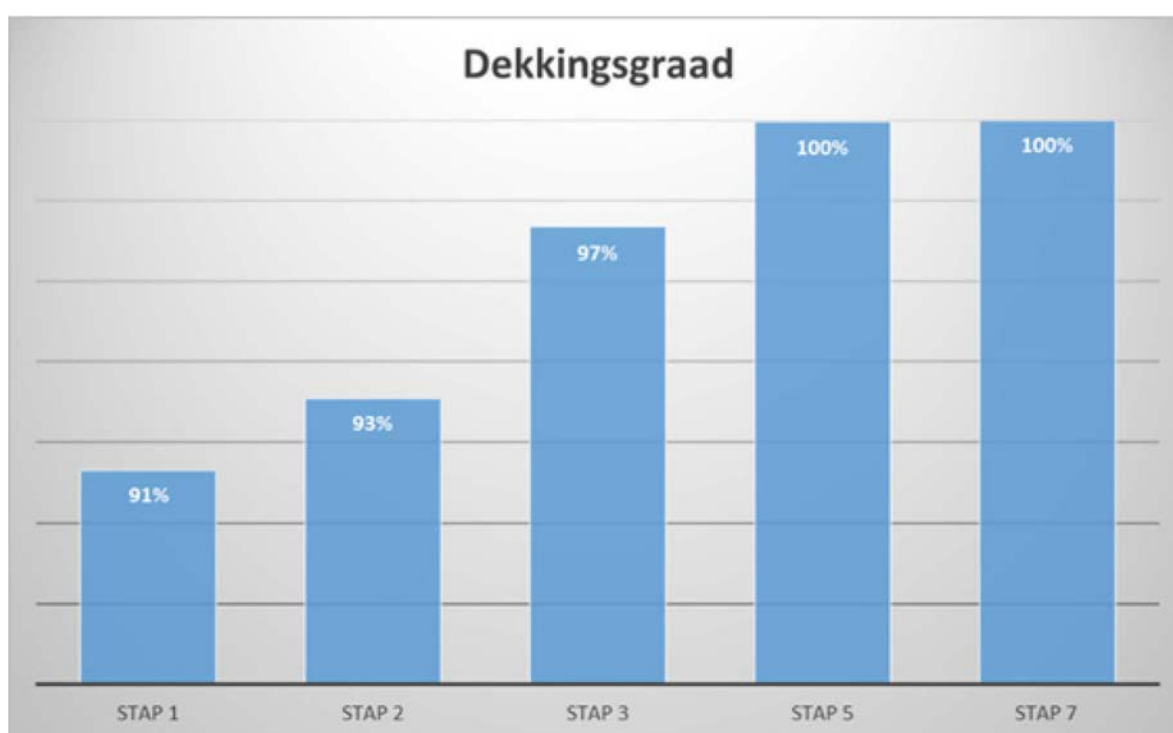
In de eerste stap is een aanpassing van de bodemfysische eenheden voorzien waarbij tien groepen onderscheiden worden. In stap 4 wordt een aantal groepen geclusterd op basis van de grondsoort (Tabel B1.9).

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

Eindresultaat

Het resultaten van qua dekkinggraad in Figuur B1.3.



Figuur B1.3 Dekkinggraad t.o.v. het totale landelijke gebied (landbouw- en natuurgronden) van representatieve SWAP-ANIMO-rekenplots bij verschillende stappen van de herschikkingsprocedure.

Uit de figuur en de beschrijving van de stappen kan worden afgeleid dat voor ca. 91% van het totale areaal een een-op-een-match gevonden kan worden tussen de gewenste combinatie metedistrict, landgebruik, bodemtype en Gt-klasse en de SWAP-ANIMO-rekenplots. Voor ca. 91% van het totale landbouw- en natuurareaal hoeven dus geen criteria losgelaten te worden. Dit betekent dat de rekenplots qua modelschematisatie en bijbehorende parameters volledig aansluiten op het actuele landgebruik, bodemtype en Gt-klassen voor ruim 90% van het areaal.

Voor het overige deel van het studiegebied zijn SWAP-ANIMO-rekenplots geselecteerd die qua modelschematisatie en bijbehorende parameters niet exact overeenkomen.

Wanneer de bodemfysische eenheden (stap 2) en de Gt-klasse (stap 3) aangepast worden, neemt het areaal toe van 91% naar 97%. Nadat stap 7 is doorlopen, is voor het volledige gebied (100%) een min of meer representatieve rekenplot gevonden.

Tabel 3.27 geeft een overzicht van het landgebruik, bodemtype en Gt-klasse voor het landelijke gebied. De percentages zullen afwijken van de percentages die zijn weergegeven in paragraaf 3.1, omdat de gebiedsanalyse betrekking heeft op het totale areaal van het vanggebied, terwijl in Tabel 31.10 alleen het landelijke gebied is meegenomen. Dit zijn de landbouw- en natuurgronden waarvoor SWAP-ANIMO-rekenplots zijn geselecteerd. In de tabel zijn omwille van het overzicht alleen de veelvoorkomende (BFE) opgenomen, waardoor de som per vanggebied niet 100% bedraagt.

Tabel B1.10 Verdeling landgebruik, bodemfysische eenheid (BFE) en Gt-klasse van de landbouw- en natuurgronden voor de vanggebieden op basis van de MLBG-kaart (25*25 m-grid).

Vanggebied	DK	MD	NWbe	NWbo	OD	OV	RW	Re	WA	RL	KW
<i>Landgebruik</i>											
<i>% ten opzichte van het areaal landbouw- en natuurgronden (excl. open water, stedelijk gebied)</i>											
Akkerbouw	23%	2%	2%	4%	7%	14%	3%	6%	7%	3%	2%
Grasland	37%	67%	63%	63%	50%	47%	62%	49%	48%	60%	74%
Mais	13%	12%	15%	25%	17%	14%	17%	14%	13%	23%	13%
Natuur	27%	19%	20%	8%	26%	25%	17%	31%	32%	15%	11%
<i>BFE</i>											
BFE 2	4%	8%	2%	2%	7%	21%	4%	4%	16%	9%	-
BFE 5	27%	43%	-	-	9%	8%	-	22%	11%	-	-
BFE 9	31%	27%	32%	56%	28%	24%	45%	49%	36%	26%	45%
BFE 11	25%	-	-	-	38%	23%	-	0.4%	24%	-	-
BFE 12	3%	0.4%	8%	10%	2%	6%	4%	5%	3%	11%	13%
BFE 13	4%	11%	32%	31%	15%	8%	22%	3%	8%	52%	32%
BFE 19	0.1%	1%	25%	0.5%	0.1%	1%	26%	-	0.2%	1%	8%
<i>Gt-klasse</i>											
Nat	47%	79%	42%	41%	74%	65%	58%	43%	68%	52%	51%
Matig droog	41%	21%	49%	49%	25%	25%	37%	47%	28%	36%	35%
Droog	12%	0%	10%	11%	1%	11%	5%	10%	4%	12%	14%

DK = Drentse Kanalen, MD = Meppelerdiep, NWbe = Nieuwe Wetering Benedenloop, NWbo = Nieuwe Wetering Bovenloop, OD = Oude Diep, OV = Oude Vaart, RW = Raalterwetering, Re = Reest, WA = Wold Aa, RL = Ramelerleiding en KW = Kolkwetering.

BFE = bodemfysische eenheid.

BFE 2 = veengronden met veraarde bovengrond en zand in de ondergrond.

BFE 5 = veengronden met zanddek en zand in de ondergrond.

BFE 9 = Podzolgrond in zwak lemig, fijn zand.

BFE 11 = Podzolgrond in sterk lemig, fijn zand op keileem of leem.

BFE 12 = Enkeerdgrond in zwak lemig, fijn zand.

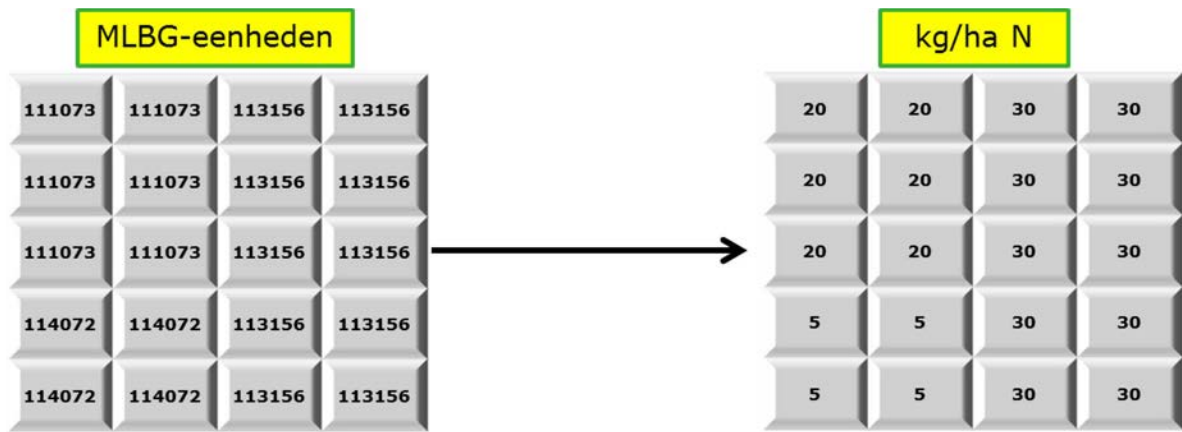
BFE 13 = Beekeerdgrond in sterk lemig, fijn zand.

BFE 19 = klei op zandgronden.

Uit de tabel kan onder andere worden afgeleid worden dat:

- In het vanggebied van de Drentse Kanalen relatief veel akkerbouw en weinig gras voorkomt;
- In alle vanggebieden BFE 9 (podzolgrond, zwak lemig fijne zanden) veel voorkomen;
- Veengronden (BFE 2 en BFE 5) vooral voorkomen in het vanggebied Oude Vaart, Wold Aa en Meppelerdiep;
- Het vanggebied Ramelerleiding voor ruim de helft bestaat uit beekeerdgronden (BFE13);
- Kleigronden (BFE 19) met name voorkomen in de Nieuwe Wetering Benedenloop en Raalterwetering;
- De natte gronden (Gt-klasse I, II, III en IV) met name in het vanggebied Meppelerdiep het Oude Diep voorkomen.

Nadat alle negen stappen zijn doorlopen, is het mogelijk om voor iedere MLBG-eenheid (rekeneenheid) een stikstof- of fosforbelasting toe te kennen (zie voorbeeld in Figuur B1.4).



Figuur B1.4 Voorbeeld van de stikstofbelasting per MLBG-eenheid per rekeneenheid.

Bijlage 2 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		ECHO-indeling
Landbouw	Glastuinbouw afvalwater	LO
	Landbouwbedrijven (o.a. erfafspoeling)	
	Meemesten sloten	
	Productgebruik landbouw (NMI3 emissies vanuit kassen)	
	Uit- en afspoeling landelijk gebied (landbouw + natuur)	
Overige industrie	Basismetaal	IND
	Bouwmaterialen industrie	
	Grafische industrie	
	Industrie overig	
	Metaalelektro	
	Papier(waren)	
	Rubber- en kunststofverwerkende industrie	
	Textiel- en tapijtindustrie	
	Voedings- en genotmiddelenindustrie	
Chemische industrie	Chemische industrie basisproducten	
	Chemische industrie bestrijdingsmiddelen	
	Chemische industrie kunstmeststoffen	
	Chemische industrie overig	
Raffinaderijen	Raffinage en verwerking	
Energiesector	Olief- gaswinning land	
	Opwekking elektriciteit	
	Transport en distributie olie en gas	
Verkeer en Vervoer	Binnenscheepvaart	OV
Consumenten	Huishoudelijk afvalwater	
Bouw	Overige bouw	
Afvalverwijdering	Afvalverbrandingsinstallatie (AVI)	
	Overige afvalbedrijven	
	Storten	
Drinkwatervoorziening	Overig drinkwater	
Riolering en waterzuiveringsinstallaties	Energiegebruik en processen	
	Ongezuiverd rioolwater (regenwaterriolen + overstorten)	
	Effluenten lozingen	
Handel, Diensten en Overheid	Energiegebruik en processen handel	OV
Overig	Atmosferische depositie (open water)	DW

OV= overige bronnen, DW = depositie open water, EF = Effluenten RWZI's, UA = uit- en afspoeling, LO = overige landbouwemissies, IND = Industrie.

Bijlage 3 Betrouwbaarheid bronnen in de EmissieRegistratie

In onderstaande tabel is voor een aantal bronnen uit de EmissieRegistratie een betrouwbaarheidspercentage (%) weergegeven (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 verder toelichting zie www.emissieregistratie.nl).

Tabel B3.1 Betrouwbaarheid van een aantal bronnen uit de EmissieRegistratie voor verschillende doelgroepen/subdoelgroepen.

Bron	Betrouwbaarheid					
	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: Emissieverklarende 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 Herkomst nutriënten

Tabel B4.1 Gemiddelde stikstofbelasting (kg N ha⁻¹) van het oppervlaktewater voor de verschillende nutriëntenbronnen voor de periode 2011-2017 in het zomerhalfjaar.

Vanggebied	Stikstofbelasting (kg ha ⁻¹ in het zomerhalfjaar)											
	DK	MD	NWbe	NWbo	OD	OV	RW	Re	WA	RL	KW	
Totaal oppervlak	42454	1786	1437	2216	4685	21099	3693	6309	13178	1434	1233	
Actuele bemesting	Uit- en afspoeling landbouwgronden	1,22	0,92	4,28	2,44	1,92	1,69	1,92	1,56	1,53	2,02	2,14
Historische bemesting		0,08	0,10	0,27	0,17	0,13	0,12	0,12	0,12	0,10	0,16	0,12
Nalevering bodem		0,32	0,41	0,57	0,32	0,39	0,56	0,27	0,39	0,39	0,35	0,24
Atmosferische depositie		0,12	0,08	0,38	0,23	0,18	0,16	0,17	0,15	0,14	0,20	0,19
Kwel		0,05	0,11	0,31	0,11	0,04	0,07	0,17	0,08	0,06	0,16	0,06
Infiltratie		0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Uit- en afspoeling natuurgronden		0,35	0,42	0,65	0,19	0,59	0,54	0,30	0,59	0,64	0,32	0,18
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	0,27	1,80	0,84	0,35	0,43	0,30	0,30	0,20	0,20	0,23	0,24	
Overige agrarisch emissies	0,16	0,26	0,72	0,37	0,23	0,27	0,29	0,21	0,22	0,28	0,30	
Atmosferische depositie open water	0,22	0,40	0,47	0,27	0,23	0,33	0,22	0,16	0,23	0,22	0,20	
Industriële lozingen	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	
Overige emissies	0,10	0,10	0,12	0,07	0,18	0,10	0,05	0,06	0,04	0,09	0,06	
RWZI's	1,29	0,00	4,15	0,03	0,20	0,29	2,61	0,00	0,00	0,00	0,00	
Directe kwel open water	0,00	0,00	0,44	0,01	0,05	0,18	0,29	0,22	0,02	0,00	0,00	
Inlaat Rijkswater & Vechtstromen	2,10	3,75	3,38	1,25	0,69	0,89	1,42	3,19	1,99	0,99	1,42	
Totaal IN	6,3	8,4	16,6	5,8	5,3	5,5	8,2	7,0	5,6	5,0	5,2	
Retentie	1,6	2,3	4,1	1,2	1,2	1,1	1,7	1,3	1,9	1,0	1,9	
Totaal uit	4,7	6,1	12,6	4,6	4,0	4,4	6,5	5,7	3,7	4,0	3,2	

DK = Drentse Kanalen, MD = Meppelerdiep, NWbe = Nieuwe Wetering Benedenloop, NWbo = Nieuwe Wetering Bovenloop, OD = Oude Diep, OV = Oude Vaart, RW = Raalterwetering, Re = Reest, WA = Wold Aa, RL = Ramelerleiding, KW = Kolkwetering.

Tabel B4.2 Gemiddelde fosforbelasting (kg P ha⁻¹) van het oppervlaktewater voor de verschillende nutriëntenbronnen voor de periode 2011-2017 in het zomerhalfjaar.

Vanggebied	Fosforbelasting (kg ha ⁻¹ in het zomerhalfjaar)											
	DK	MD	NWbe	NWbo	OD	OV	RW	Re	WA	RL	KW	
Totaal oppervlak	42454	1786	1437	2216	4685	21099	3693	6309	13178	1434	1233	
Actuele bemesting	Uit- en afspoeling landbouwgronden	0,04	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Historische bemesting		0,03	0,05	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,02
Nalevering bodem		0,06	0,06	0,29	0,11	0,12	0,08	0,12	0,08	0,08	0,12	0,12
Atmosferische depositie		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kwel		0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
Infiltratie		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Uit- en afspoeling natuurgronden		0,02	0,03	0,04	0,01	0,05	0,03	0,02	0,04	0,04	0,02	0,01
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	0,05	0,21	0,16	0,07	0,10	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	
Overige agrarisch emissies	0,02	0,05	0,14	0,07	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,06	
Atmosferische depositie open water	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Industriële lozingen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0	
Overige emissies	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
RWZI's	0,25	0	0,48	0,00	0,06	0,04	0,23	0	0	0	0	
Directe kwel open water	0	0	0,05	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	0	0	
Inlaat Rijkswater & Vechtstromen	0,15	0,23	0,13	0,04	0,12	0,03	0,05	0,26	0,12	0,03	0,05	
Totaal IN	0,64	0,67	1,42	0,38	0,62	0,37	0,63	0,55	0,38	0,34	0,33	
Retentie	0,13	0,18	0,33	0,06	0,11	0,05	0,10	0,08	0,12	0,04	0,12	
Totaal uit	0,51	0,49	1,08	0,32	0,50	0,31	0,52	0,46	0,25	0,30	0,21	

DK = Drentse Kanalen, MD = Meppelerdiep, NWbe = Nieuwe Wetering Benedenloop, NWbo = Nieuwe Wetering Bovenloop, OD = Oude Diep, OV = Oude Vaart, RW = Raalterwetering, Re = Reest, WA = Wold Aa, RL = Ramelerleiding, KW = Kolkwetering.

Tabel B4.3 Gemiddelde stikstofbelasting (kg N ha⁻¹) van het oppervlaktewater voor de verschillende nutriëntenbronnen voor de periode 2011-2017 in het winterhalfjaar.

Vanggebied	Stikstofbelasting (kg ha ⁻¹ in het winterhalfjaar)										
	DK	MD	NWbe	NWbo	OD	OV	RW	Re	WA	RL	KW
Totaal oppervlak	42454	1786	1437	2216	4685	21099	3693	6309	13178	1434	1233
Actuele bemesting	6,89	231,9	10,80	12,88	7,33	5,60	7,29	6,52	6,50	7,32	9,02
Historische bemesting	0,45	15,7	0,66	0,90	0,49	0,39	0,46	0,48	0,43	0,58	0,50
Nalevering bodem	1,76	65,2	1,34	1,78	1,37	2,02	1,03	1,62	1,63	1,27	0,99
Atmosferische depositie	0,68	22,5	0,96	1,24	0,70	0,54	0,66	0,62	0,61	0,71	0,79
Kwel	0,25	9,2	0,59	0,62	0,10	0,23	0,64	0,34	0,23	0,57	0,27
Infiltratie	0,03	1,7	0,03	0,03	0,01	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,02
Uit- en afspoeling natuurgronden	1,97	74,8	1,47	1,13	2,29	1,87	1,15	2,46	2,82	1,15	0,78
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	0,64	20,7	1,03	0,71	0,76	0,37	0,59	0,31	0,34	0,34	0,44
Overige agrarisch emissies	0,18	6,9	0,46	0,45	0,17	0,20	0,29	0,21	0,20	0,28	0,30
Atmosferische depositie open water	0,24	8,4	0,27	0,34	0,16	0,23	0,21	0,16	0,20	0,22	0,20
Industriële lozingen	0,02	0,7	0	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Overige emissies	0,11	3,0	0,08	0,10	0,15	0,05	0,05	0,06	0,03	0,09	0,06
RWZI's	1,84	35,0	1,53	0	0	0	3,52	0	0	0	0,00
Directe kwel open water	0,00	2,5	0,12	0,00	0,05	0,18	0,29	0,22	0,01	0	0,00
Inlaat Rijkswater & Vechtstromen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Totaal IN	15,0	498	19,3	20,2	13,6	11,8	16,2	13,0	13,1	12,6	13,4
Retentie	3,0	102	7,0	3,6	2,6	2,1	2,9	2,2	6,3	2,1	6,4
Totaal uit	12,0	397	12,4	16,6	10,9	9,7	13,3	10,8	6,8	10,5	7,0

DK = Drentse Kanalen, MD = Meppelerdiep, NWbe = Nieuwe Wetering Benedenloop, NWbo = Nieuwe Wetering Bovenloop, OD = Oude Diep, OV = Oude Vaart, RW = Raalterwetering, Re = Reest, WA = Wold Aa, RL = Ramelerleiding, KW = Kolkwetering.

Tabel B4.4 Gemiddelde fosforbelasting (kg P ha⁻¹) van het oppervlaktewater voor de verschillende nutriëntenbronnen voor de periode 2011-2017 in het winterhalfjaar.

Vanggebied	Fosforbelasting (kg ha ⁻¹ in het winterhalfjaar)										
	DK	MD	NWbe	NWbo	OD	OV	RW	Re	WA	RL	KW
Totaal oppervlak	42454	1786	1437	2216	4685	21099	3693	6309	13178	1434	1233
Actuele bemesting	0,15	4,30	0,03	0,06	0,05	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03	0,03
Historische bemesting	0,12	4,95	0,09	0,21	0,12	0,14	0,11	0,16	0,13	0,16	0,07
Nalevering bodem	0,28	10,35	0,53	0,50	0,31	0,26	0,36	0,25	0,30	0,35	0,41
Atmosferische depositie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kwel	0,01	0,28	0,04	0,02	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02
Infiltratie	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Uit- en afspoeling natuurgronden	0,11	4,26	0,07	0,06	0,11	0,11	0,06	0,12	0,15	0,06	0,04
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	0,06	2,01	0,11	0,08	0,07	0,04	0,06	0,03	0,03	0,04	0,05
Overige agrarisch emissies	0,03	1,10	0,09	0,08	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,06
Atmosferische depositie open water	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industriële lozingen	0,00	0,16	0	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0
Overige emissies	0,01	0,35	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
RWZI's	0,24	4,45	0,11	0	0	0	0,31	0	0	0	0
Directe kwel open water	0,00	0,23	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	0	0
Inlaat Rijkswater & Vechtstromen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totaal IN	1,0	32,5	1,1	1,0	0,7	0,7	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7
Retentie	0,2	6,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,1	0,3
Totaal uit	0,8	25,8	0,7	0,9	0,6	0,6	0,9	0,6	0,4	0,7	0,4

DK = Drentse Kanalen, MD = Meppelerdiep, NWbe = Nieuwe Wetering Benedenloop, NWbo = Nieuwe Wetering Bovenloop, OD = Oude Diep, OV = Oude Vaart, RW = Raalterwetering, Re = Reest, WA = Wold Aa, RL = Ramelerleiding, KW = Kolkwetering.

Tabel B4.5 Relatieve bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2011-2017 in het zomerhalfjaar.

Vanggebied	Relatieve bijdrage (%) aan de totale stikstofbelasting van het opp. water										
	DK	MD	NWbe	NWbo	OD	OV	RW	Re	WA	RL	KW
Actuele bemesting	19	11	26	42	36	31	24	23	27	40	41
Historische bemesting	1,3	1,2	1,6	2,8	2,4	2,1	1,5	1,7	1,8	3,2	2,3
Nalevering bodem van landbouwgronden	5,1	4,9	3,5	5,6	7,4	10	3,3	5,6	7,0	7,0	4,6
Atmosferische depositie op bodem van landbouwgronden	1,9	1,0	2,3	4,0	3,5	3,0	2,1	2,1	2,6	3,9	3,6
Kwel onder bodem van landbouwgronden	0,7	1,3	1,9	1,8	0,7	1,2	2,1	1,2	1,0	3,1	1,2
Infiltratie	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Uit- en afspoeling natuurgronden	5,5	5,0	3,9	3,2	11	9,7	3,7	8,4	12	6,3	3,6
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	4,3	22	5,1	6,0	8,1	5,4	3,7	2,9	3,5	4,6	4,7
Overige agrarisch emissies	2,6	3,1	4,4	6,3	4,3	4,8	3,6	3,1	4,0	5,6	5,9
Atmosferische depositie open water	3,5	4,7	2,8	4,7	4,4	5,9	2,6	2,4	4,2	4,3	3,8
Industriële lozingen	0,4	0,1	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Overige emissies	1,6	1,2	0,7	1,2	3,5	1,7	0,6	0,9	0,7	1,8	1,2
Externe aanvoer	33	45	20	22	13	16	17	46	36	20	28
Directe kwel open water	0,0	0,0	2,7	0,1	1,0	3,2	3,6	3,2	0,4	0,0	0,0
RWZI Meppel	5,1	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-
RWZI Dieverbrug	1,7	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-
RWZI Smilde	0,8	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-
RWZI Echten	9,7	-	-	-	3,8	-	-	-	-	-	-
RWZI Beilen	3,0	-	-	-	-	1,5	-	-	-	-	-
RWZI Heino	-	-	7,4	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Raalte	-	-	18	0,6	-	-	32	-	-	-	-

Tabel B4.6 Relatieve bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2011-2017 in het zomerhalfjaar.

Vanggebied	Relatieve bijdrage (%) aan de totale fosforbelasting van het opp. water										
	DK	MD	NWbe	NWbo	OD	OV	RW	Re	WA	RL	KW
Actuele bemesting	5,7	1,8	1,4	3,4	6,8	8,5	1,5	3,0	5,0	3,3	2,8
Historische bemesting	4,3	7,9	4,8	12	8,2	11	6,0	9,7	9,5	15	6,3
Nalevering bodem van landbouwgronden	9,9	9,6	20	30	20	21	20	15	21	34	37
Atmosferische depositie op bodem van landbouwgronden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kwel onder bodem van landbouwgronden	0,3	0,4	1,6	1,3	0,3	0,6	1,4	0,6	0,6	2,1	1,7
Infiltratie	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Uit- en afspoeling natuurgronden	3,8	5,0	3,1	2,9	7,4	8,6	3,3	7,3	11	6,0	3,2
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	7,6	31	11	18	16	12	8,6	5,7	9,2	12	13
Overige agrarisch emissies	3,6	6,9	10	17	7,2	9,6	8,5	6,3	9,7	14	18
Atmosferische depositie open water	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industriële lozingen	0,5	0,1	0,0	0,9	0,5	2,7	0,1	0,2	0,3	2,1	0,0
Overige emissies	1,8	2,4	1,3	2,7	3,0	2,3	1,2	1,6	1,3	2,6	2,6
Externe aanvoer	24	35	9,2	10	19	8,9	8,5	47	32	8,8	16
Directe kwel open water	0,0	0,0	3,7	0,2	1,2	4,1	5,2	2,8	0,5	0,0	0,0
RWZI Meppel	16	-	-	-	-	5,9	-	-	-	-	-
RWZI Dieverbrug	2,1	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-
RWZI Smilde	1,0	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-
RWZI Echten	12	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
RWZI Beilen	8,2	-	-	-	-	3,1	-	-	-	-	-
RWZI Heino	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Raalte	-	-	19	0,8	-	-	36	-	-	-	-

Tabel B4.7 Relatieve bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2011-2017 in het winterhalfjaar.

Vanggebied	Relatieve bijdrage (%) aan de totale stikstofbelasting van het opp. water										
	DK	MD	NWbe	NWbo	OD	OV	RW	Re	WA	RL	KW
Actuele bemesting	46	47	56	64	54	48	45	50	50	58	67
Historische bemesting	3,0	3,2	3,4	4,4	3,6	3,4	2,9	3,7	3,3	4,6	3,7
Nalevering bodem van landbouwgronden	12	13	6,9	8,8	10	17	6,3	12	12	10	7,4
Atmosferische depositie op bodem van landbouwgronden	4,5	4,5	5,0	6,1	5,1	4,6	4,1	4,7	4,7	5,6	5,9
Kwel onder bodem van landbouwgronden	1,6	1,8	3,0	3,1	0,7	2,0	3,9	2,6	1,8	4,6	2,0
Infiltratie	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2	0,1
Uit- en afspoeling natuurgronden	13	15	7,6	5,6	17	16	7,1	19	22	9,2	5,8
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	4,3	4,2	5,3	3,5	5,6	3,1	3,6	2,4	2,6	2,7	3,3
Overige agrarisch emissies	1,2	1,4	2,4	2,2	1,3	1,7	1,8	1,6	1,5	2,2	2,3
Atmosferische depositie open water	1,6	1,7	1,4	1,7	1,1	2,0	1,3	1,2	1,6	1,7	1,5
Industriële lozingen	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Overige emissies	0,7	0,6	0,4	0,5	1,1	0,5	0,3	0,4	0,2	0,7	0,4
Externe aanvoer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Directe kwel open water	0,0	0,5	0,6	0,0	0,4	1,5	1,8	1,7	0,1	0,0	0,0
RWZI Meppel	3,2	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Dieverbrug	0,9	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Smilde	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Echten	6,3	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Beilen	1,4	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Heino	-	-	7,9	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Raalte	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-	-

Tabel B4.8 Relatieve bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2011-2017 in het winterhalfjaar.

Vanggebied	Relatieve bijdrage (%) aan de totale fosforbelasting van het opp. water										
	DK	MD	NWbe	NWbo	OD	OV	RW	Re	WA	RL	KW
Actuele bemesting	15	13	3,1	5,4	7,5	13	2,5	6,8	8,6	4,6	4,5
Historische bemesting	12	15	8,3	20	17	19	10	24	18	21	10
Nalevering bodem van landbouwgronden	28	32	48	49	43	37	35	37	41	48	60
Atmosferische depositie op bodem van landbouwgronden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kwel onder bodem van landbouwgronden	0,7	0,9	4,1	2,3	0,5	1,0	2,4	1,6	1,2	2,9	2,9
Infiltratie	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,5	0,2	0,4	0,4	0,2	0,1
Uit- en afspoeling natuurgronden	11	13	6,5	5,4	16	15	5,7	18	21	8,5	5,3
Uit- en afspoeling stedelijk gebied	6,1	6,2	9,8	8,1	9,7	5,2	5,6	4,4	4,7	5,9	6,6
Overige agrarisch emissies	2,5	3,4	8,3	7,9	3,7	4,3	5,2	4,9	4,6	6,7	8,6
Atmosferische depositie open water	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industriële lozingen	0,3	0,5	0,0	0,6	0,1	1,3	0,0	0,2	0,0	1,0	0,0
Overige emissies	1,2	1,1	1,0	1,2	1,3	0,8	0,7	1,2	0,6	1,2	1,2
Externe aanvoer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Directe kwel open water	0,1	0,7	1,2	0,0	1,0	2,2	3,2	2,2	0,1	0,0	0,0
RWZI Meppel	8,6	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Dieverbrug	0,8	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Smilde	0,6	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Echten	9,9	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Beilen	3,6	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Heino	-	-	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-
RWZI Raalte	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-

Bijlage 5 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 B5.1.

Tabel B5.1 Gemeten denitrificatiesnelheden in veen- en kleigebieden en de watertemperatuur op het moment van meten (Veraart, in voorbereiding). n =aantal waarnemingen, std =standaarddeviatie.

Bodemtype	n	Denitrificatie	Denitrificatie	Denitrificatie	Temperatuur	
		($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	($^{\circ}\text{C}$)	
		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: 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 B5.2).

Tabel B5.2 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 B5.3). 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 B5.3 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 B5.4 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 B5.4 Hoeveelheid N die naar schatting is gemoeid met de netto groei (zomerhalfjaar) en netto sterfte (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 B5.5 geeft de geschatte hoeveelheid stikstofretentie in de klei- en veenpolders: het opgetelde effect van denitrificatie en waterplanten. Deze hoeveelheden, in gram per m² waterbodembodem, 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 – waterbodembodem 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 B5.5 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.

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)
- Wapserveensche 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 ($L_{uitspoeling}$) is voor de Drentsche Aa en Schuitenbeek 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 B5.6 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 maandelijks steekmonsters (in HBE-beek en WV Aa). Ook is lineaire interpolatie gebruikt om ontbrekende debietdata en ontbrekende debietproportionele gemeten nutriëntenconcentraties aan te vullen.

Tabel B5.6 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	debietproportioneel
Schuitenbeek	25210	Dagelijks/elk uur	25210	Wekelijks	debietproportioneel
HBE-beek	4070	Dagelijks	29738	Maandelijks	Steekmonster
WV Aa	Stuw Wulpen	dagelijks	1STE8RO	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):

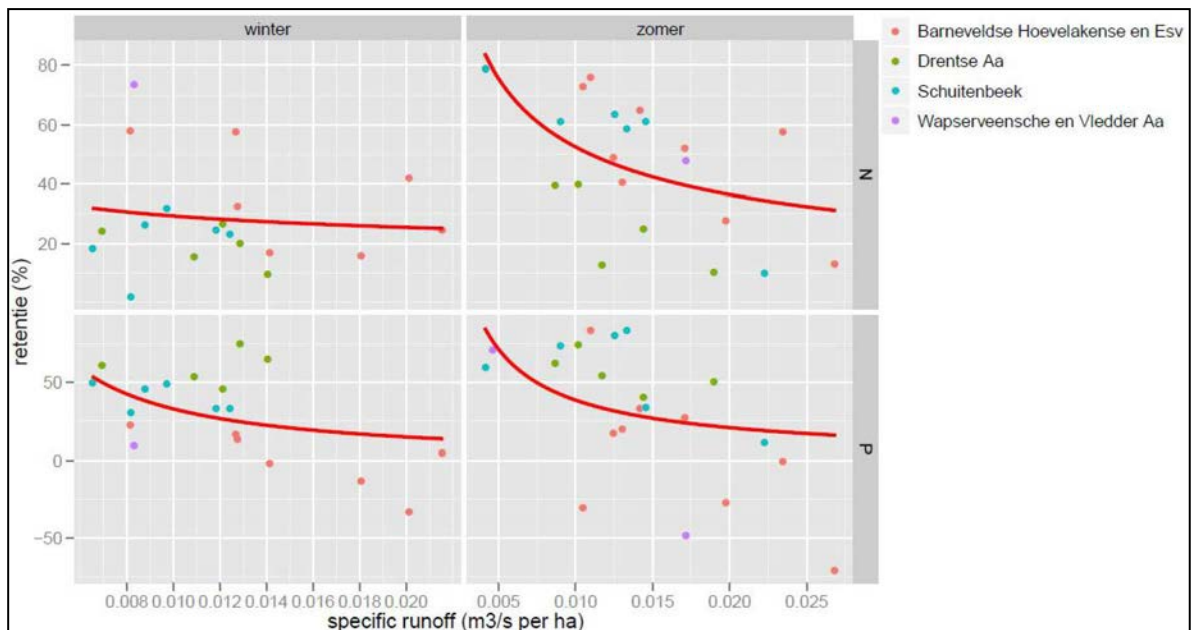
$$R_f = a \cdot Q_{specifiek}^b \quad (4)$$

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 B5.1. 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 B5.1 zijn gefit met Vergelijking 3, wat resulteert in waarden voor de coëfficiënten a en b (Tabel B5.7). 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 B5.2 vergeleken met verbanden afgeleid uit andere studies (Klein, 2011; Venohr, 2005; Seitzinger, 2002), waaraan overigens wel andere temporele en ruimtelijke schaalniveaus ten grondslag liggen.

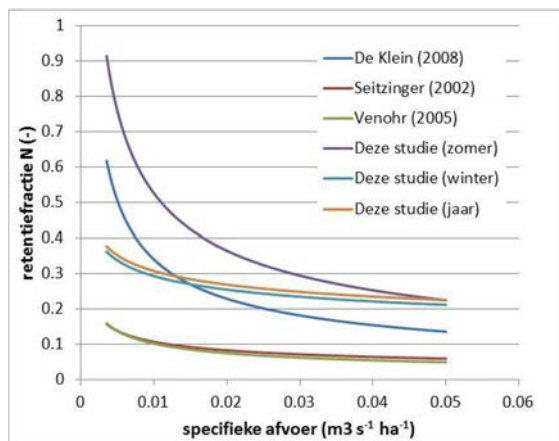
Een bekend nadeel van de machtsbenadering (Vergelijking 3) is dat de retentiefraction groter dan 1 kan worden bij kleine waarden voor de 'specifieke afvoer'. In deze gevallen is de retentiefraction afgekapt tot 90% van de inkomende vracht, omdat grotere retentiewaarden onrealistisch worden geacht.



Figuur B5.1 Verband tussen het retentiepercentage (op de uitspoelende nutriënten vanuit het landsysteem) en de 'specifieke afvoer' voor de vier stroomgebieden, per stof en per halfjaar. De rode lijn geeft de gefitte curve (Vergelijking 4).

Tabel B5.7 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 B5.2 Verband tussen de retentiefractie 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 retentiefractie 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 schaalniveaus. Alterra-rapport 1848, Alterra, Wageningen.
- Klein, J. M. de, A. Koelmans, 2011. Quantifying seasonal export and retention of nutrients 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 Modelstelsel 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.

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

Wageningen Environmental Research
Rapport 2996
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, 5.000 medewerkers en 12.000 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 2996
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, 5.000 medewerkers en 12.000 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.

