



Herkomst Nutriënten Abblasterwaard en Vijfheerenlanden

Erwin van Boekel, Rob Hendriks en Peter Schipper



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Herkomst Nutriënten Abblasserwaard en Vijfheerenlanden

Erwin van Boekel, Rob Hendriks en Peter Schipper

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door Waterschap Rivierenland.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, juni 2018

Rapport 2891
ISSN 1566-7197

E.M.P.M. van Boekel, R.F.A. Hendriks, P.N.M. Schipper, 2018. *Herkomst Nutriënten Alblasserwaard en Vijfheerenlanden*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2891. 62 blz.; 27 fig.; 31 tab.; 33 ref.

De regionale waterkwaliteit voldoet op veel plaatsen nog niet aan de doelen die voor de Europese Kaderrichtlijn Water zijn gesteld. Een belangrijke oorzaak hiervan is de hoge nutriëntenbelasting. Het generieke mestbeleid zal naar verwachting niet voor 2027 leiden tot de voor de ecologie gewenste verlaging van nutriëntenbelasting. In de Stroomgebiedsbeheerplannen voor de 3^e periode (2022-2027) moet Nederland de definitieve keuzes maken over de doelen van de waterlichamen en in te zetten maatregelen. Met name voor de waterlichamen in de Alblasserwaard (Nederwaard en Overwaard) wil Waterschap Rivierenland bij het definitief vaststellen van de doelen en maatregelen goed rekening kunnen houden met de achtergrondbelasting door nutriëntenrijke kwel, stikstofdepositie, mineralisatie en uitloging van veenbodems.


In dit onderzoek is de nutriëntenbelasting voor de periode 2004-2013 gekwantificeerd voor de Nederwaard, Overwaard en het aangrenzende afwateringsgebied Vijfheerenlanden. Met de methodiek ECHO zijn voor het kwantificeren van de uit- en afspoeling van nutriënten de rekenplots van het landelijk modelinstrumentarium STONE regiospecifieker toebedeeld op basis van actuele informatie over het landgebruik, bodemtype en de grondwaterstanden. Per gebied zijn de hoeveelheden inlaatwater en uitgemalen water gekwantificeerd (watervolume en nutriëntenvrachten) op basis van de meetdata en regiospecifieke kennis die het Waterschap voor het onderzoek heeft aangedragen. De belasting met nutriënten vanuit overige bronnen zijn ontleend aan de EmissieRegistratie. Na kwantificering en validatie van de berekende waterbalansen en nutriëntenbalansen is de belasting onderverdeeld naar de bronnen van herkomst.

Uit het onderzoek blijkt dat de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater voornamelijk wordt bepaald door de uit- en afspoeling uit landbouwgronden (83 à 95%). Voor stikstof levert de actuele bemesting het grootste aandeel (Nederwaard 38%, Overwaard 42%, Vijfheerenlanden 55%), gevolgd door de nalevering vanuit landbouwgronden (respectievelijk 20%, 17% en 8%).

Met het modelinstrumentarium zijn de effecten van het 5^e Nitraat Actie Programma op de uit- en afspoeling van nutriënten berekend. Evenals de landelijke evaluatie komt hieruit naar voren dat het effect hiervan op de nutriëntenbelasting in de beschouwde gebieden gering is (kleiner dan 5%).

Trefwoorden: Kaderrichtlijn Water, oppervlaktewater kwaliteit, nutriënten belasting, herkomst nutriënten, stikstof, fosfor, uitspoeling, afspoeling, waterbalans, nutriëntenbalans

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/453840> 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.

 2018 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.

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Achtergrond en probleemstelling	9
	1.2 Projectdoelstelling en projectresultaat	9
	1.3 Leeswijzer	10
2	Werkwijze	11
	2.1 Aanpak op hoofdlijnen	11
	2.2 Schematisering en kenmerken studiegebied	12
	2.3 Herschikkingsprocedure	16
	2.4 Opstellen stofbalansen en toetsing	16
	2.5 Herkomst bronnen	18
	2.6 Effecten mestbeleid op de N- en P-uitspoeling	19
3	Resultaten nutriëntenbelasting	20
	3.1 Schematisering en analyse gebiedskenmerken	20
	3.2 Herschikken STONE-plots	20
	3.3 Meetlocaties vrachtberekeningen in- en uitlaat	22
	3.4 Resultaten vrachtberekeningen in- en uitlaat	25
	3.5 Uit- en afspoeling landbouw en natuurgronden	31
	3.6 Overige bronnen uit EmissieRegistratie	32
	3.7 Totale Stikstof- en fosforbelasting	33
	3.8 Retentie in het oppervlaktewater	34
	3.9 Plausibiliteit stikstof- en fosforbalansen	35
4	Herkomstanalyse stikstof en fosfor	39
	4.1 Herkomst uit- en afspoeling landbouwgronden	39
	4.2 Herkomstverdeling belasting naar beïnvloedbaarheid	40
	4.3 Effecten 5 ^e NAP op de uit- en afspoeling	42
5	Conclusies en aanbevelingen	43
	5.1 Conclusies	43
	5.2 Aanbevelingen	43
	Literatuur	44
	Bijlage 1 Herschikkingsprocedure	46
	Bijlage 2 Bronnen in de EmissieRegistratie	55
	Bijlage 3 Betrouwbaarheid bronnen in de EmissieRegistratie	56
	Bijlage 4 Retentie	57
	Bijlage 5 Waterkwaliteit gemaal Kok en Smit	59

Woord vooraf

De regionale waterkwaliteit voldoet op veel plaatsen nog niet aan de doelen die voor de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn gesteld. Een belangrijke oorzaak hiervan is de hoge nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Het generieke mestbeleid zal er naar verwachting niet voor 2027 toe leiden dat de – voor de ecologie gewenste – verlaging van nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater wordt bereikt.

In de Stroomgebiedsbeheerplannen voor de 3^e periode (2022-2027) moet Nederland de definitieve keuzes maken over de doelen van de waterlichamen en in te zetten maatregelen. In Rijn-West wordt hiertoe een midterm review voorbereid (2018), waarin beschreven wordt in hoeverre de doelen gehaald worden en eventuele doelverlaging of uitstel aan de Europese Commissie beargumenteerd kan worden. Met name voor de waterlichamen in de Alblasserwaard (Nederwaard en Overwaard) wil Waterschap Rivierenland bij het definitief vaststellen van de doelen en maatregelen goed rekening kunnen houden met de achtergrondbelasting door nutriëntenrijke kwel, stikstofdepositie, mineralisatie en uitloging van veenbodems.

Het Waterschap Rivierenland heeft medio 2017 aan Wageningen Environmental Research (verder aangeduid als WENR) opdracht verleend voor een onderzoek naar de herkomst van de nutriëntenbronnen in de Alblasserwaard en het aangrenzende Vijfheerenlanden. Hierbij is het van belang om onderscheid te maken tussen de wel en niet goed beïnvloedbare bronnen en om het aandeel van de bronnen in de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater te kwantificeren.

Bij de uitvoering van het onderzoek is gebruikgemaakt van gegevens, modellen en methoden die in lijn zijn met eerdere studies, zoals regionale bronnenanalyses nutriënten (Hollands Noorderkwartier 2013-2016, Krimpenerwaard 2016, polders Frysland 2016) en de landelijke studie Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren (2016). Daarnaast zijn meetgegevens gebruikt van het waterschap voor de debieten en kwaliteit van inlaatwater en uitgemalen water en resultaten van het onderzoek vergeleken met water- en stofbalansen die door een trainee (Roij Snoeijers) bij het Waterschap parallel aan het onderhavige onderzoek zijn opgesteld. Het onderzoek is begeleid door Hilde Ketelaar van Waterschap Rivierenland. Tijdens de overleggen met het Waterschap is regio-specifieke kennis uitgewisseld en zijn tussenresultaten gepresenteerd en besproken.

Samenvatting

De regionale waterkwaliteit voldoet op veel plaatsen nog niet aan de doelen die voor de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn gesteld. In de Stroomgebiedsbeheerplannen voor de 3^e periode (2022-2027) moet Nederland de definitieve keuzes maken over de doelen van de waterlichamen en in te zetten maatregelen. Met name voor de waterlichamen in de Alblasserwaard (Nederwaard en Overwaard) wil Waterschap Rivierenland bij het definitief vaststellen van de doelen en maatregelen goed rekening kunnen houden met de achtergrondbelasting door nutriëntenrijke kwel, stikstofdepositie, mineralisatie en uitloging van veenbodems.

In dit onderzoek is de nutriëntenbelasting voor de periode 2004-2013 gekwantificeerd voor de Nederwaard, Overwaard en het aangrenzende afwateringsgebied Vijfheerenlanden. Met de methodiek ECHO zijn voor het kwantificeren van de uit- en afspoeling van nutriënten de rekenplots van het landelijk modelinstrumentarium STONE regiospecifieker toebedeeld op basis van actuele informatie over het landgebruik, bodemtype en de grondwaterstanden. Per gebied zijn de hoeveelheden inlaatwater en uitgemalen water gekwantificeerd (watervolume en nutriëntenvrachten) op basis van de meetdata en regiospecifieke kennis die het Waterschap voor het onderzoek heeft aangedragen. De belasting met nutriënten vanuit overige bronnen zijn ontleend aan de EmissieRegistratie. Door ook de retentie van nutriënten in het regionale oppervlaktewater te berekenen, zijn per gebied de totaal uitgaande nutriëntenvrachten berekend. Deze zijn vergeleken met de uit metingen afgeleide vrachten bij de gemalen voor die jaren waar voldoende metingen beschikbaar zijn. Na kwantificering van de nutriëntenbelasting en de validatie van de berekende waterbalansen en nutriëntenbalansen is de belasting van het oppervlaktewater onderverdeeld naar de bronnen van herkomst.

Uit het onderzoek blijkt dat de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater voornamelijk wordt bepaald door de uit- en afspoeling vanuit landbouwbodems (83 à 95%). Voor stikstof levert de actuele bemesting het grootste aandeel (Nederwaard 38%, Overwaard 42%, Vijfheerenlanden 55%), gevolgd door de nalevering vanuit landbouwgronden (respectievelijk 20%, 17% en 8%).

Met het modelinstrumentarium is het effect van het 5^e Nitraat Actie Programma (5^e NAP, ingegaan in 2014) op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in beeld gebracht. Evenals de landelijke evaluatie komt hieruit naar voren dat het effect hiervan op de nutriëntenbelasting in de beschouwde gebieden gering is (kleiner dan 5%).

Uit een nadere analyse van de modelresultaten is naar voren gekomen dat in de gebieden met veenbodems de berekende nalevering voor stikstof mogelijk is onderschat en voor fosfor overschat. Voor de herkomstverdeling van stikstof zou dit betekenen dat het aandeel van nalevering in de totale belasting groter is en het aandeel van bemesting kleiner. Voor de herkomstverdeling van fosfor zou dit juist een kleiner aandeel nalevering geven en een groter aandeel bemesting. Nader onderzoek is nodig om te bepalen of en in welke mate de nalevering mogelijk is onder- en overschat en tot welke verschuivingen dit in de herkomstverdeling leidt.

Het opgezette modelinstrumentarium kan efficiënt worden ingezet om de effecten van diverse maatregelen op de nutriëntenbelasting te berekenen, zoals maatregelen die het bodemoverschot verkleinen, onderwaterdrainage, verandering landgebruik (omzetting naar natuur) en niet in het najaar bemesten. Om meer zekerheid te verkrijgen over de herkomstverdeling en om de bruikbaarheid van het modelinstrumentarium te vergroten, wordt aanbevolen om voor de dominante veenbodems de SWAP-ANIMO rekenplots nader te analyseren en deze met name ten aanzien van de kwelconcentraties en nalevering aan te passen op basis van locatie-specifieke meetgegevens die in voorgaande onderzoeken zijn verzameld.

Om betrouwbaardere water- en stoffenbalansen voor de gebieden op te kunnen stellen en het modelinstrumentarium beter te kunnen valideren, wordt aanbevolen om de debietmetingen bij de gemalen te kalibreren en de metingen van de waterkwaliteit bij de gemalen minstens tweemaal per maand te bemeten. Door voor een periode een intensievere meetfrequentie aan te houden of met sensoren continue metingen uit te voeren, kan de meerwaarde voor een hogere meetfrequentie worden onderbouwd.

Verder wordt aanbevolen om in vervolgonderzoek de berekende nutriëntenbelasting te vergelijken met de voor de ecologie kritische belasting en daarbij, gelet op de herkomst, na te gaan in hoeverre het logisch is om KRW-doelen aan te passen (doelverlaging). Om beter inzicht te verkrijgen in de relatie tussen de nutriëntenbelasting, retentie en ontwikkeling van de aquatische ecologie wordt aanbevolen om in te zetten op kennisontwikkeling over de rol van de waterbodem. Hiervoor worden initiatieven genomen in het kader van de Kennisimpuls Delta-aanpak Waterkwaliteit en zoetwater.

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 (Adviescommissie Water 2016). Voor het nieuwe beleid, de Delta-Aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater (DAWZ)¹ werken overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstututen samen om de waterkwaliteit te verbeteren en de doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in 2027 te bereiken. Waterschap Rivierenland heeft in 2015 de 1^e KRW-planperiode geëvalueerd en maatregelen vastgesteld voor de 2^e planperiode (2016-2021). Een van de zorgpunten voor het bereiken van de KRW-doelen is de hoge nutriëntenbelasting vanuit landelijk gebied (Waterschap Rivierenland 2015; Van Gaalen et al. 2015).

In de Stroomgebiedsbeheerplannen voor de 3^e periode (2022-2027) moet Nederland de definitieve keuzes maken over de doelen van de waterlichamen en in te zetten maatregelen. In Rijn-West wordt hiertoe een midterm review voorbereid (2018), waarin beschreven wordt in hoeverre de doelen gehaald worden en eventuele doelverlaging of uitstel aan de Europese Commissie beargumenteerd kan worden. Met name voor de waterlichamen in de Alblasserwaard wil Waterschap Rivierenland bij het definitief vaststellen van de doelen en maatregelen goed rekening kunnen houden met de achtergrondbelasting door nutriëntenrijke kwel, stikstofdepositie, mineralisatie en uitloging van veenbodems. Op dit moment is de beschikbare informatie hiervoor onvoldoende en heeft het waterschap de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Wat is de huidige nutriëntenbelasting van oppervlaktewater in de Alblasserwaard?
2. Wat is hiervan de herkomst, ingedeeld naar wel/niet beïnvloedbare bronnen zoals deze door de nutriënten adviesgroep Rijn-West zijn gedefinieerd?

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen heeft Waterschap Rivierenland overleg gevoerd met Wageningen Environmental Research (WENR). In deze bespreking kwam naar voren dat het wenselijk is om het aangrenzende gebied van de Alblasserwaard (de Vijfheerenlanden) ook in het onderzoek mee te nemen. De resultaten van het onderzoek zijn beschreven in onderhavige rapportage.

1.2 Projectdoelstelling en projectresultaat

Het doel van de studie is het kwantificeren van de nutriëntenbelasting (stikstof en fosfor) van het regionale oppervlaktewater in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden en inzicht geven in de nutriëntenbronnen in het gebied, waaronder de uit- en afspoeling uit landbouwgronden. Een verdere opsplitsing van de uit- en afspoeling uit landbouwgronden naar herkomst is een belangrijk onderdeel hierin. Naast het in beeld brengen van de herkomst van bronnen wordt ook het effect van het huidige en voorgenoemen mestbeleid (Groenendijk et al. 2015) op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwpercelen in beeld gebracht. De herkomst van nutriënten in het regionaal oppervlaktewater wordt in beeld gebracht voor afwateringsgebieden in de Alblasserwaard (Nederwaard en Overwaard) en voor het afwateringsgebied Vijfheerenlanden. De nutriëntenbelasting van het regionaal oppervlaktewater wordt berekend voor de periode 2004-2013.

¹ Waterkwaliteit zoetwater en waterketen, brief minister Schulz aan 2^e Kamer voor Wetgevingsoverleg Water 14-11-2016.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de methode van de bronnenanalyse. De resultaten van de berekende nutriëntenbelasting staan beschreven in hoofdstuk 3. De berekende herkomst van de bronnen en de effecten van het 5^e Nitraat Actieprogramma op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor worden in hoofdstuk 4 beschreven. De conclusies en aanbevelingen zijn ten slotte opgenomen in hoofdstuk 5.

2 Werkwijze

2.1 Aanpak op hoofdlijnen

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

ECHO-methodiek

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

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

In overleg met het waterschap is bekeken welke onderdelen (of subonderdelen) van de ECHO-systematiek noodzakelijk zijn voor het beantwoorden van de kennisvragen en welke onderdelen wenselijk zijn. Tijdens het overleg is ervoor gekozen om de onderdelen 1, 2, 3a, 4 en 5a uit te voeren en de onderdelen 3b en 5b niet.

Een van de discussiepunten die tijdens het overleg met de opdrachtgever naar voren kwam, is de invulling van onderdeel 2 (uit- en afspoeling landelijk gebied). Op voorhand kon niet worden geconcludeerd in hoeverre de bestaande SWAP-ANIMO-rekenplots (verder aangeduid met de term rekenplots) voldoende representatief zijn om de regiospecifieke situatie voor de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden te beschrijven. Daarom is er in overleg met de opdrachtgever voor gekozen om een quickscan uit te voeren waarin nagegaan is of met het herschikken van de rekenplots (onderdeel 2a) de regiospecifieke situatie voor de uit- en afspoeling van nutriënten adequaat kan worden gesimuleerd. Uit deze stap kwam naar voren dat de in STONE opgezette rekenplots goed geënt zijn op de variaties van bodemtype en bodemopbouw in de Alblasserwaard. Daarom is besloten om geen nieuwe rekenplots op te zetten met SWAP-ANIMO en onderdeel 2b derhalve niet uit te voeren. De doorlopen stappen zijn weergegeven in tabel 2.1. In de volgende paragrafen worden de stappen nader toegelicht.

Tabel 2.1 Globaal overzicht van de verschillende onderdelen uit het onderzoek naar de herkomst van nutriënten voor drie afwateringseenheden in het beheergebied van waterschap Rivierenland.

Stappen	Werkzaamheden
Stap 1. Schematisering en analyse gebiedskenmerken	<ul style="list-style-type: none"> • Vaststellen studiegebied • Quickscan SWAP-ANIMO rekenplots • Verzamelen benodigde data
Stap 2. Herschikken SWAP-ANIMO-rekenplots	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse afvoergebieden • Uitvoeren herschikkingsprocedure
Stap 3. Opstellen stoffenbalans	<ul style="list-style-type: none"> • Uit- en afspoeling landbouw en natuurgronden • Vrachtberekeningen inlaat / uitlaat • Overige punt- en diffuse bronnen • Afleiden retentiefactoren • Vergelijking berekende en uit metingen afgeleide nutriëntenvrachten
Stap 4. Bronnenanalyse en achtergrondbelasting	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse herkomst bronnen achter de uit- en afspoeling • Onderverdeling nutriëntenbelasting naar beïnvloedbaarheid • Berekening uit- en afspoeling einde KRW-planperiode conform 5^e NAP

2.2 Schematisering en kenmerken studiegebied

Studiegebied en onderscheiden afwateringsgebieden

De studie is uitgevoerd voor de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden. De begrenzing van het studiegebied (figuur 2.1) komt overeen met de afwateringsgebieden van deze eenheden. Voor de Alblasserwaard is een nutriëntenbalans opgesteld voor het afwateringsgebied Overwaard en voor Nederwaard. De Vijfheerenlanden is als één afwateringsgebied beschouwd.



Figuur 2.1 Beheergebied van Waterschap Rivierenland met de ligging van de drie afvoergebieden.

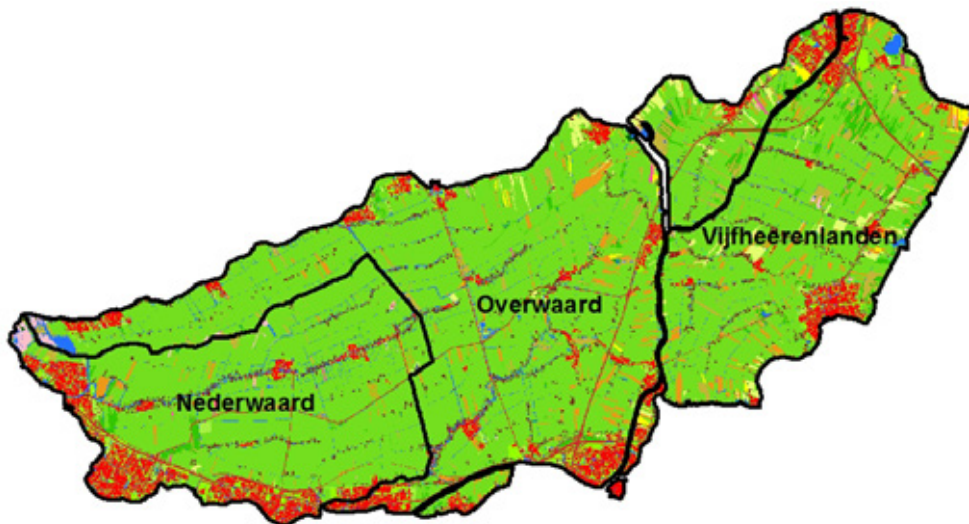
Landgebruik

Het landgebruik volgens LGN7 is weergegeven in figuur 2.2. Tabel 2.2 geeft een overzicht van enkele kengetallen van arealen in de gebieden.

Tabel 2.2 Overzicht kenmerkende arealen in de drie afwateringsgebieden.

Deelgebied	Totale areaal ha	Areaal landbouw en natuur, ha (%)	Areaal open water ha (%)
Overwaard	15.654	13.240 (85%)	2.002 (13%)
Nederwaard	9.731	7.962 (82%)	1.138 (12%)
Vijfheerenlanden	12.144	10.598 (87%)	1.178 (10%)

Het studiegebied is voornamelijk in gebruik als grasland. In de Overwaard en Nederwaard is meer dan 70% van het areaal agrarisch grasland, voor Vijfheerenlanden is dit circa 65%. Het overige deel is voornamelijk natuur (circa 10%) en stedelijk gebied (circa 12%). Het stedelijk gebied bevindt zich met name aan de randen van het studiegebied.

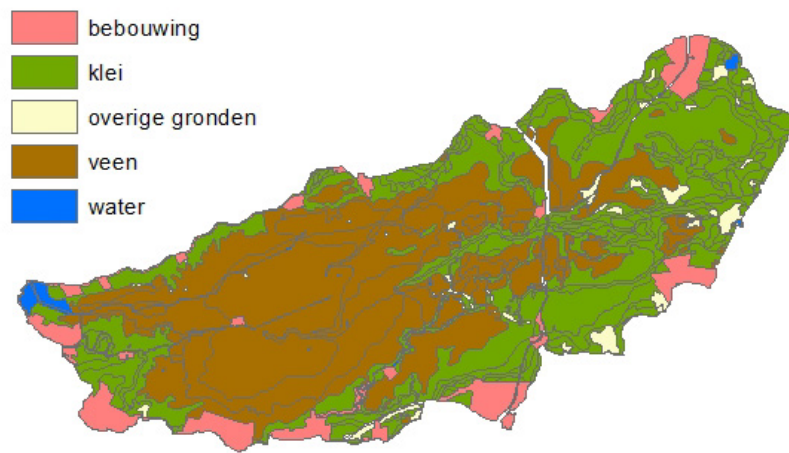


Figuur 2.2 Landgebruik op basis van LGN7 in de Nederwaard, Overwaard en Vijfheerenlanden.

Bodemtype

Het grootste gedeelte (bijna 50%) van het studiegebied zijn veengronden (Nederwaard) en klei/zavelgronden (Overwaard en Vijfheerenlanden, zie figuur 2.3). De veengronden kunnen worden onderverdeeld in waardveengronden, koopveengronden en weideveengronden. Ruim 40% van het totale gebied zijn klei- en zavelgronden, die geclassificeerd zijn als drechtvaaggronden of poldervaaggronden.

Bodemkaart 2014

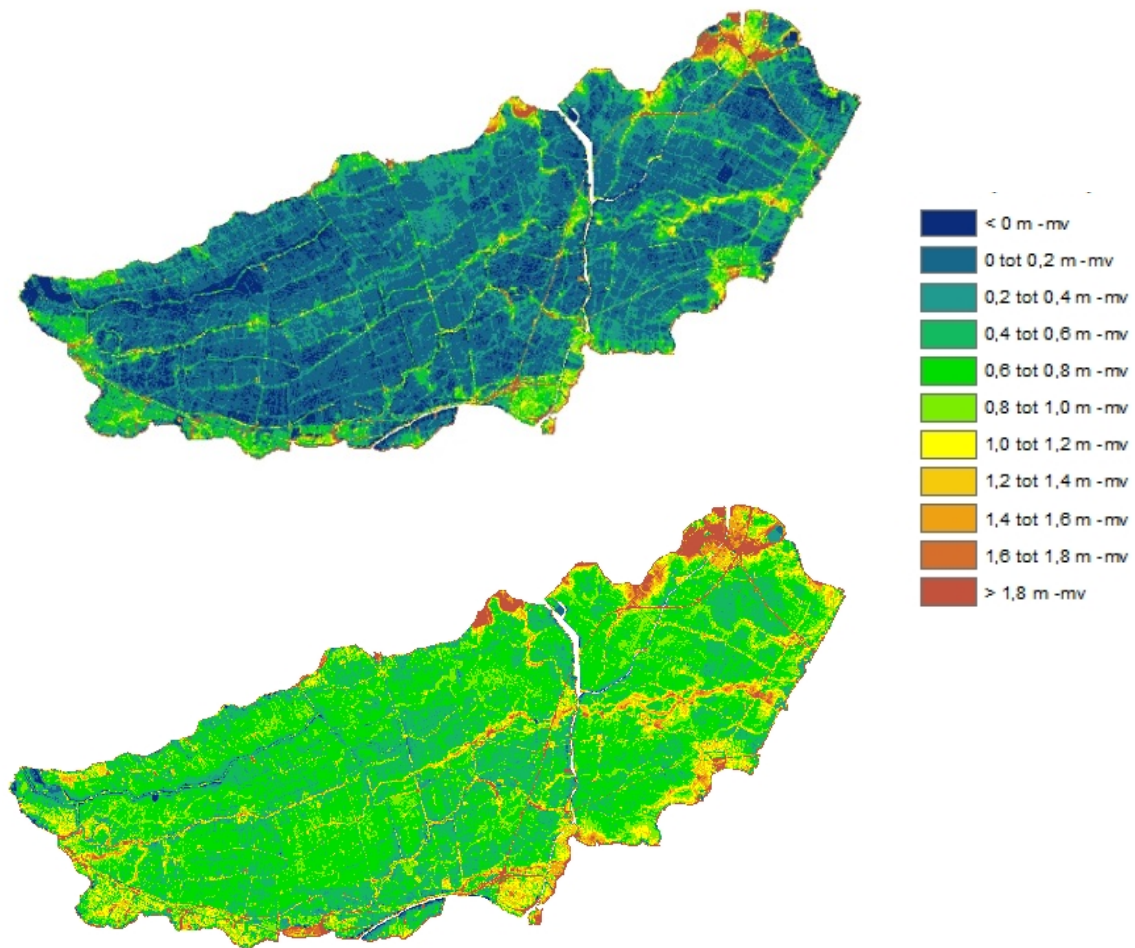


Figuur 2.3 Bodemtypen volgens de bodemkaart.

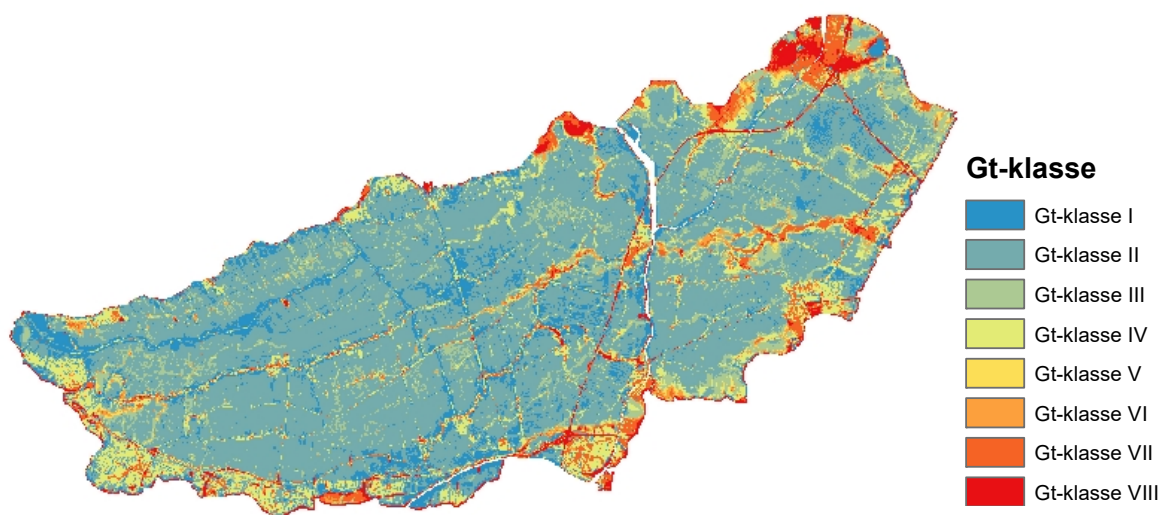
Grondwaterstanden (Gt-klasse)

Voor het afleiden van de Gt-klasse is gebruikgemaakt van gegevens die zijn ontleend aan het gedetailleerde geohydrologisch model MORIA (Modellering Ondergrond Rivierenland Interactief en Actueel). Het MORIA-model is in 2008 ontwikkeld (Linden et al. 2008). Op basis van dit model is de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) op 25x25 m grids afgeleid. Deze zijn weergegeven in figuur 2.4. De klasse-indeling in grondwatertrappen (gt-klassen) van deze GLG en GHG is weergegeven in figuur 2.5.

De GHG van de drie afwateringseenheden is vergelijkbaar, ca. 70% van het gebied heeft een GHG tussen de 0,0 en 0,4 m-mv. De GLG voor de afwateringsgebieden Overwaard en Nederwaard ligt overwegend tussen de 0,4 en 0,8 m-mv, voor deelgebied Vijfheerenlanden is de GLG iets lager (bijna 60% heeft een GLG tussen de 0,4 en 0,8 m-mv). Op basis van de GHG en GLG is per grid een Gt-klasse afgeleid (figuur 2.5). Het grootste gedeelte van het studiegebied heeft een Gt-klasse II (ca. 60%). De Gt-klassen zijn vervolgens geclusterd in drie groepen; droge gronden (Gt-klasse VII en VIII), matig droge gronden (Gt-klasse IV en VI) en natte gronden (Gt-klasse I, II, III en V).



Figuur 2.4 GHG (boven) en GLG (onder) op 25x25 m grids die zijn afgeleid op basis van het geohydrologisch model Moria.



Figuur 2.5 Gt-klasse op 25x25 m grids die zijn afgeleid op basis van de GLG en GHG.

2.3 Herschikkingsprocedure

De herschikkingsprocedure (Van Boekel et al. 2013) bestaat uit een twee onderdelen, 1) een gebiedsanalyse en 2) selectie SWAP-ANIMO rekenplots. In deze paragraaf wordt de herschikkingsprocedure kort beschreven, een uitgebreidere beschrijving is te vinden in bijlage 1.

Gebiedsanalyse

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

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

De verschillende kaartlagen zijn gecombineerd tot één kaartlaag met unieke MLBG-eenheden met een resolutie van 25x25 m. Deze MLBG-kaart is de input voor de tweede stap van de herschikkingsprocedure (selectieprocedure).

Selectieprocedure SWAP-ANIMO rekenplots

In de tweede stap zijn voor alle MLBG-eenheden representatieve 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 zodat, ongeacht wie de procedure uitvoert, dit altijd tot dezelfde resultaten leidt.

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

Situatie 3: Indien er geen representatieve rekenplots gevonden worden omdat de gewenste combinatie landgebruik, bodemfysische eenheid en Gt-klasse binnen een meteorodistrict niet voorkomt, is ervoor gekozen om stapsgewijs steeds meer informatie van de MLBG-eenheden los te laten, net zolang totdat alle eenheden zijn voorzien van een koppeling aan STONE-plots. Het stappenplan voor de toekenning van STONE-plots aan MLBG-eenheden is te vinden in bijlage 1. In de zoektocht naar representatieve rekenplots wordt gezocht naar rekenplots met vergelijkbare bodemtypen en vergelijkbare Gt-klassen. De aansluiting op de onderscheiden klassen qua landgebruik en meteo-regio wordt in de selectieprocedure niet losgelaten (harde criteria). Nadat alle stappen zijn doorlopen, is het mogelijk om aan elke MLBG-eenheid een stikstof- en fosforvrucht toe te kennen.

2.4 Opstellen stofbalansen en toetsing

De uit- en afspoeling van stikstof (N) en fosfor (P) uit landbouw- en natuurgronden is berekend in stap 2. In stap 3 worden voor de drie afwateringsgebieden de stoffenbalansen (N en P) opgesteld conform de ECHO-methodiek (Kroes et al. 2011). Een overzicht van de balanstermen die worden meegenomen en de informatiebronnen waaraan deze zijn ontleend, zijn weergegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3 Overzicht balanstermen en informatiebronnen voor het opstellen van stofbalansen.

Balansterm	Bron
Inkomende vracht	
Uit- en afspoeling landbouw en natuur	SWAP-ANIMO-berekeningen
Overige landbouwemissies	EmissieRegistratie (versie 2013)
Industriële lozingen	
Atmosferische depositie open water	
Rwzi	
Overige emissies	
Directe kwel naar oppervlaktewater	Kwelflux en N- en P-concentraties kwelwater
Inlaat	Vrachtberekeningen o.b.v. aangeleverde debieten en representatieve meetgegevens N- en P-concentraties
Retentie ¹	Rekenmethode o.b.v. areaal open water en bodemsoort (conform werkwijze EMW2012)
Uitgaande vracht	Vrachtberekeningen o.b.v. de aangeleverde debieten van de gemalen en representatieve meetgegevens N- en P-concentraties

¹ De nalevering uit de waterbodem wordt hierin impliciet ook meegenomen.

Uit- en afspoeling

Voor het afleiden van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden wordt gebruikgemaakt van bestaande SWAP-ANIMO-berekeningen die zijn uitgevoerd in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet (Groenendijk et al. 2015). Op basis van de herschikkingsmethode (stap 2) zijn de representatieve SWAP-ANIMO-plots geselecteerd.

Emissieregistratie

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

Conform de ECHO-methodiek worden de doelgroepen geclusterd tot zes groepen:

- LO: overige landbouwemissies (meemesten sloten, afvalwater glastuinbouw, erfafspoeling);
- DW: atmosferische depositie open water;
- EF: rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's);
- IND: industriële lozingen;
- OV: overige lozingen (o.a. verkeer, huishoudelijk afval, overige emissies);
- UA: uit- en spoeling vanuit landbouw- en natuurgronden.

Voor het vaststellen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit bovenstaande bronnen is gebruikgemaakt van de Emissieregistratie versie 2013. Uitzondering hierop is de uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurgronden. De nutriëntenbelasting vanuit landbouw- en natuurgronden is via de herschikkingsmethode in stap 2 afgeleid.

Inkomende en uitgaande nutriëntenvrachten

De inkomende en uitgaande nutriëntenvracht is bepaald door de hoeveelheid inlaatwater en hoeveelheid uitgeslagen water te vermenigvuldigen met gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. Voor de kwaliteit van het inlaatwater/uitgeslagen water zijn door het Waterschap geschikte meetlocaties gezocht. De nutriëntenconcentraties zijn over het algemeen tweewekelijks of maandelijks gemeten en voor de totale balansperiode (2004-2013) beschikbaar. Om de meetwaarden van de nutriëntenconcentraties te kunnen koppelen aan de op dagbasis aangeleverde debietcijfers, wordt een lineaire interpolatie gedaan tussen twee meetwaarden om op die wijze een dagelijkse nutriëntenconcentratie te bepalen.

Retentie

Retentie in het oppervlaktewater staat voor het omzetten, verwijderen of vastleggen van nutriënten in de waterlopen. Dit kan door tijdelijke en permanente opslag in onder andere waterplanten en in de waterbodem en/of door gasvormige emissies naar de atmosfeer (denitrificatie).

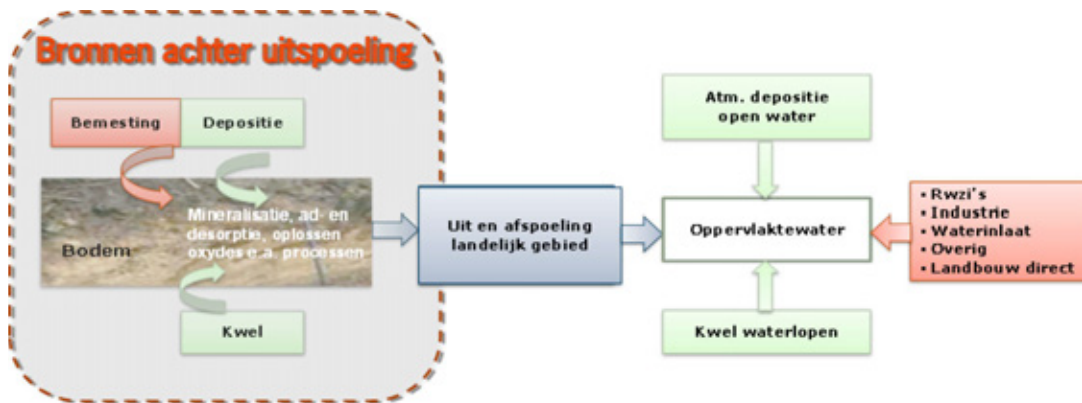
De retentie is geschat conform de werkwijze die is gehanteerd binnen de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (Van Boekel et al. 2012) en in de studie voor HHNK bij het afleiden van theoretische achtergrondconcentraties (Van Boekel et al. 2015). In bijlage 4 is een uitgebreide beschrijving van de methode gegeven. De belangrijkste uitgangspunten zijn:

- Stikstof:
 - Klei- en veenpolders:
De grootte van de retentieprocessen is voor stikstof afgeleid uit metingen (PLONS-project, www.plons.wur.nl). Op basis van de eigenschappen van de polders is de capaciteit van het oppervlaktewatersysteem bepaald om stikstof vast te leggen, uitgedrukt in gram per m² waterbodem. De zo berekende absolute stikstofretentie is van toepassing voor alle nutriëntenbronnen in polders met voornamelijk klei of veen in de ondergrond.
- Fosfor:
 - Alle polders:
Voor de fosforretentie in poldersystemen zijn dezelfde retentiefactoren aangehouden die zijn gehanteerd bij de evaluatie van de Meststoffenwet 2012 en 2016. Voor de uit- en afspoeling is een vaste retentiefactor gebruikt van 0,5 en voor de andere bronnen is een vaste retentiefactor van 0,2 aangehouden.

Met de data uit tabel 2.3 wordt per afwateringsgebied een stoffenbalans opgesteld. Hierbij worden alle inkomende bronnen opgeteld. De netto uitgaande vracht (bruto inkomende vracht minus de retentie) wordt vergeleken met de vrachtbepalingen die zijn afgeleid m.b.v. de aangeleverde debietgegevens en concentraties nabij de uitlaatpunten van de afwateringsgebieden. Op deze manier wordt een beeld verkregen van de plausibiliteit van de rekenresultaten. De infiltratie vanuit het oppervlaktewater en wegzijging naar het grondwater zitten verdisconteerd in de berekende uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden.

2.5 Herkomst bronnen

De herkomst van stikstof- en fosforuitspoeling uit landbouwgronden wordt verder geanalyseerd door, met een specifiek door de WUR ontwikkelde methode, de bronnen achter de uit- en afspoeling te berekenen (Groenendijk et al. 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 2.6. De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit natuurgebieden wordt niet verder uitgesplitst.



Figuur 2.6 Overzicht van de belangrijkste bronnen/emissieroutes naar het oppervlaktewater.

2.6 Effecten mestbeleid op de N- en P-uitspoeling

Van de in stap 2 berekende uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden wordt het effect van het voornomen mestbeleid op de uit- en afspoeling afgeleid op basis van bestaande berekeningen die zijn uitgevoerd in het kader van de ex-ante-evaluatie KRW van het PBL (Groenendijk et al. 2015; Salm et al. 2015). Dit betreft modelberekeningen voor een periode van dertig jaar waarin 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. Met de regio specifieke schematisatie en de klimaatreeksen van de afgelopen dertig jaar wordt de uit- en afspoeling berekend voor de periode 2015-2045. De over deze periode gemiddelde uit- en afspoeling kan als representatief worden beschouwd voor het zichtjaar 2027.

3 Resultaten nutriëntenbelasting

3.1 Schematisering en analyse gebiedskenmerken

In de eerste stap van het onderzoek is informatie verzameld over het studiegebied en is door het waterschap regiospecifieke informatie verzameld voor het opstellen van water- en stofbalansen conform de ECHO-methodiek. De grenzen van het studiegebied en de daarin onderin onderscheiden drie balansgebieden zijn in GIS vastgelegd.

Daarnaast is een quickscan uitgevoerd in hoeverre de bestaande SWAP-ANIMO-rekenplots voldoende representatief zijn voor het simuleren van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden in het studiegebied. Hierbij is met name gekeken of de belangrijkste bodemtypen en bijbehorende Gt-classes in de rekenplots vertegenwoordigd zijn. Het grootste gedeelte van het studiegebied bestaat uit koopveengronden, waard-/weideveengronden, drechtvaaggronden en overige kleigronden. Gebleken is dat de bestaande STONE-plots in voldoende mate deze bodemtypen dekken. Daarbij is het zo dat deze rekenplots in de huidige STONE-schematisatie voor meer dan 90-95% van hun voorkomen in Nederland in de Alblasserwaard/Vijfheerenlanden liggen. Met andere woorden, deze rekenplots zijn specifiek voor de regio Alblasserwaard/Vijfheerenlanden gemaakt. Op basis van deze quickscan is besloten om alleen de herschikkingsprocedure toe te passen (stap 2A in de ECHO-methode) en om geen nieuwe SWAP-ANIMO rekenplots samen te stellen.

3.2 Herschikken STONE-plots

In deze stap worden de rekenplots van STONE zo goed mogelijk locatiespecifiek afgestemd op het actuele landgebruik, bodemtype en de Gt-classes. Het eerste onderdeel in de hiertoe ontwikkelde herschikkingsprocedure is het genereren van een MLBG-kaart met een grid van 25x25 m. Op basis van deze kaart is een aantal gebiedskenmerken van de Nederwaard, Overwaard en Vijfheerenlanden afgeleid (tabel 3.1).

Tabel 3.1 Kenmerken arealen en procentuele verdeling van het landgebruik, bodemfysische eenheden (BFE) en hydrologie voor het studiegebied op basis van de MLBG-kaart (25x25 m grid).

Kop	Overwaard	Nederwaard	Vijfheerenlanden	Totaal
Totaal areaal (ha)	15654	9731	12144	37529
landbouw en natuur (ha)	13240	7962	10598	31800
Open water (ha)	2002	1138	1178	4318
Landgebruik (%)	% ten opzichte van het areaal landbouw- en natuurgronden (excl. open water, stedelijk gebied)			
Grasland	86	86	75	82
Akkerbouw	1,6	0,4	5,5	2,6
Mais	3,4	1,4	5,1	3,4
Natuur	9,1	12	14	12
Bodem fysische eenheid (BFE (%))				
1	7,3	46	2,4	18
3	45	33	13	30
6	12	1,6	4,8	6,1
16	2,8	0,8	10	4,7
17	9,0	3,5	27	13
18	24	15	40	27
Hydrologie (%)				
Nat	93	96	81	89,6
Matig droog	5,0	2,9	13	7,0
Droog	2,4	1,1	6,4	3,4

- | | |
|---|--|
| 1. Veengronden met veraarde bovengrond | 16. Homogene, lichte kleigronden |
| 3. Veengronden met kleidek | 17. Kleigrond met zware tussenlaag of ondergrond |
| 6. Veengronden met moerige gronden op ongerijpte klei | 18. Kleigronden op veen |

In alle drie deelgebieden bestaat het totale areaal voornamelijk uit landbouw en natuurbodems (82 à 87%). Kenmerkend is ook het grote areaal open water, dit varieert van 10 tot 12%. Van het landelijke gebied (de landbouw en natuurbodems) is het grootste gedeelte (> 80%) in gebruik als grasland. Het percentage in studiegebied Vijfheerenlanden ligt iets lager (75%). Het overige deel (9-14%) zijn voornamelijk natuurgronden.

Op basis van de PAWN-bodemkaart (Klijn, 1997) is een overzicht gemaakt van de bodemfysische eenheden die in het gebied voorkomen. Uit dit overzicht blijkt dat er in totaal elf verschillende bodemfysische eenheden voorkomen. In tabel 3.1 zijn de zes meest voorkomende bodemfysische eenheden weergegeven, de som is hierdoor niet gelijk aan 100%. Het deelgebied Overwaard bestaat voor ca. 75% uit veengronden, het grootste gedeelte hiervan zijn veengronden met een kleidek (bodemfysische eenheid 3). Dit type veengronden komt ook veelvuldig voor in deelgebied Nederwaard (33%). Het merendeel in deelgebied Nederwaard zijn echter veengronden met veraarde bovengrond (bodemfysische eenheid 1,46%). De Vijfheerenlanden zijn overwegend kleigronden (bijna 80%) en dan met name kleigronden op veen (bodemfysische eenheid 18).

Op basis van de Gt-kaart die is afgeleid op basis van de GHG en GLG (zie paragraaf 2.1) heeft 90% van het studiegebied een natte grondwatertrap. Deelgebied Vijfheerenlanden is iets droger dan de deelgebieden Overwaard en Nederwaard. De meest voorkomende grondwatertrap in de deelgebieden is Gt-klasse II (69% in deelgebied Overwaard, 75% in deelgebied Nederwaard en 53% in deelgebied Vijfheerenlanden).

Selectieprocedure rekenplots

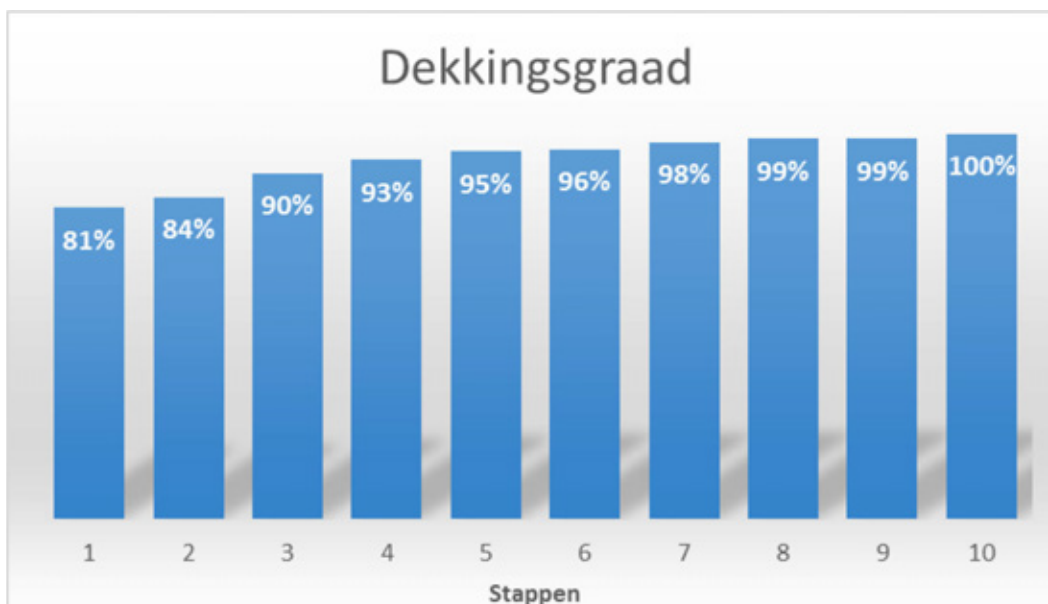
Op basis van de nieuwe MLBG-kaart zijn representatieve rekenplots geselecteerd. In paragraaf 2.2 is aangegeven dat er bij de zoektocht naar de representatiefste rekenplots meerdere mogelijkheden zijn. Wanneer er voor een bepaalde combinatie meteodistrict, landgebruik, bodemtype en Gt-klasse geen rekenplots gevonden kunnen worden, worden stapsgewijs criteria voor bodemtype en grondwatertrap losgelaten, zodat voor alle rekengrids representatieve STONE-plot(s) gevonden kunnen worden. De plots moeten wel voldoen aan het meteodistrict en het landgebruik. Uit de resultaten van de selectieprocedure blijkt dat voor ca. 81% van het totale areaal een een-op-een match gevonden kan worden tussen de gewenste combinatie meteodistrict, landgebruik, bodemtype en Gt-klasse en de rekenplots. Voor 81% van het areaal hoeven dus geen criteria losgelaten te worden.

De doorlopen stappen in de herschikking zijn weergegeven in tabel 3.2 en de resultaten hiervan qua dekkingsgraad in figuur 3.1. In bijlage 1 zijn de stappen nader toegelicht.

Tabel 3.2 Beschrijving van de 10 stappen uit de selectieprocedure.

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

Wanneer de bodemfysische eenheden aangepast worden (stap 2), de Gt-klasse (stap 3) en een combinatie van stap 2 en stap 3, neemt het areaal toe van 82% naar 93%. Nadat alle stappen zijn doorlopen, is voor het volledige gebied (100%) een min of meer representatieve rekenplot gevonden. Geconcludeerd kan worden dat de herschikking voor ruim 80% van het areaal de rekenplots qua model-schematisatie en bijbehorende parameters volledig aansluiten op het actuele landgebruik, bodemtype en Gt-klassen.



Figuur 3.1 Dekkingsgraad (t.o.v. het totale areaal landelijk gebied) van representatieve SWAP-ANIMO-rekenplots bij de verschillende stappen in de herschikkingsprocedure.

Uit- en afspoeling landbouw- en natuurgronden

Op basis van de geselecteerde SWAP-ANIMO-rekenplots is de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden afgeleid. Tabel 3.3 geeft een overzicht van de resultaten voor de drie afwateringsgebieden.

De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater is het grootst voor deelgebied Nederwaard (respectievelijk 21,2 kg N ha⁻¹ en 3,8 kg P ha⁻¹). De berekende uit- en afspoeling van stikstof voor de deelgebieden Overwaard en Vijfheerenlanden zijn respectievelijk 8% en 15% lager, voor fosfor is de uit- en afspoeling respectievelijk 20% en 40% lager. Voor alle drie de afwateringsgebieden geldt dat in het winterhalfjaar ruim 70% van de jaarlijkse stikstof- en fosforvrucht in het oppervlaktewater terecht komt.

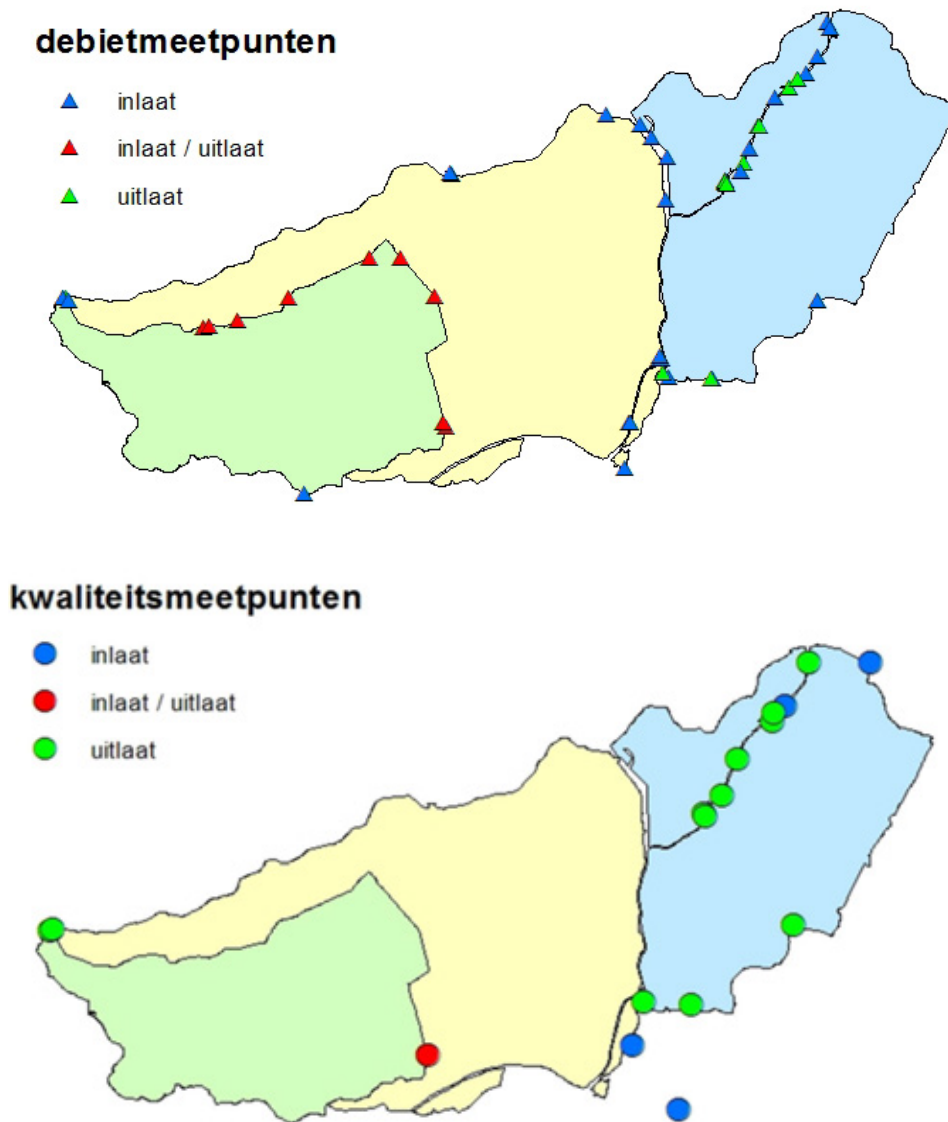
Tabel 3.3 Gemiddelde uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden voor de periode 2004-2013.

	Nederwaard	Overwaard	Vijfheerenlanden
Uit- en afspoeling stikstof	21,2	19,5	17,9
Winterwaarde	15,3	14,1	13,0
Zomerwaarde	5,3	5,0	4,5
Uit- en afspoeling fosfor	3,8	3,0	2,2
Winterwaarde	2,7	2,1	1,5
Zomerwaarde	1,0	0,8	0,6

3.3 Meetlocaties vrachtberekeningen in- en uitlaat

Voor het opstellen van de stofbalansen voor de drie afwateringsgebieden is gebruikgemaakt van verschillende informatiebronnen: 1) SWAP-ANIMO-berekeningen voor de uit- en afspoeling van nutriënten uit landbouw- en natuurgronden (zie paragraaf 3.2), 2) meetgegevens (debiet en kwaliteit) voor het afleiden van de inkomende en uitgaande vrucht (inlaat en uitlaat via gemalen) en 3) EmissieRegistratie voor de overige bronnen.

Voor het afleiden van de inkomende en uitgaande nutriëntenvrachten is gebruikgemaakt van meetgegevens (debietmetingen en gemeten N- en P-concentraties) van het waterschap. In samenwerking met het waterschap zijn meetpunten geselecteerd die representatief worden geacht voor de hoeveelheid water dat wordt ingelaten en uitgeslagen en meetpunten voor de bijbehorende kwaliteit (N- en P-concentraties) van het oppervlaktewater. Er zijn in totaal 53 in- en uitlaatpunten geselecteerd. Een aantal debietmeetpunten ligt op de uitwisselpunten tussen het afwateringsgebied Nederwaard en Overwaard en zijn dus zowel een inlaatpunt als een uitlaatpunt. Tabel 3.4 geeft een overzicht van de debietmeetpunten en bijbehorende kwaliteitmeetpunten. De in de tabel gehanteerde namen of ID's komen overeen met de aanduidingen zoals die door het Waterschap worden gehanteerd. De ligging van deze meetpunten zijn weergegeven in figuur 3.2.



Figuur 3.2 Overzicht van de debietmeetpunten (boven) en kwaliteitsmeetpunten (onder) die gebruikt zijn voor het afleiden van de inkomende en uitgaande nutriëntenvracht.

Tabel 3.4 Overzicht van de debietmeetpunten en bijbehorende kwaliteitsmeetpunten (naam of ID) die gebruikt zijn voor het afleiden van de inkomende en uitgaande nutriëntenvracht.

Debietmeetpunt	Richting	Bijbehorende Kwaliteitsmeetpunt	omschrijving
Nederwaard			
Inlaat Hevelleiding Sliedrecht	Inlaat	MERWEDE	Inlaat vanuit de MERWEDE
Inlaat Nederwaard	Inlaat	LEK	Inlaat vanuit de LEK
01-01-01-In1 ¹⁾	Inlaat	ALBL0047	Uitwisselingpunt Nederwaard / Overwaard
01-03-03-In1 ¹⁾	Inlaat	ALBL0047	Uitwisselingpunt Nederwaard / Overwaard
01-03-03-In2 ¹⁾	Inlaat	ALBL0047	Uitwisselingpunt Nederwaard / Overwaard
01-05-01-In2 ¹⁾	Inlaat	ALBL0047	Uitwisselingpunt Nederwaard / Overwaard
01-05-02-In1 ¹⁾	Inlaat	ALBL0047	Uitwisselingpunt Nederwaard / Overwaard
01-05-03-In1 ¹⁾	Inlaat	ALBL0047	Uitwisselingpunt Nederwaard / Overwaard
01-07-02-In1 ¹⁾	Inlaat	ALBL0047	Uitwisselingpunt Nederwaard / Overwaard
01-10-02-In1 ¹⁾	Inlaat	ALBL0047	Uitwisselingpunt Nederwaard / Overwaard
01-10-03-In1 ¹⁾	Inlaat	ALBL0047	Uitwisselingpunt Nederwaard / Overwaard
Gemaal Smit	Uitlaat	ALBL0015	Veenvaarten Nederwaard
Overwaard			
Gemaal de Beneden Stad	Inlaat	MERWEDE	Inlaat vanuit de MERWEDE
Inlaat Overwaard	Inlaat	LEK	Inlaat vanuit de LEK
02-07-05-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
02-07-07-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
02-07-08-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
02-08-01-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
02-08-03-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
02-01-01-In1	Inlaat	LEK	Inlaat vanuit de LEK
02-16-04-In1	Inlaat	LEK	Inlaat vanuit de LEK
02-16-04-In2	Inlaat	LEK	Inlaat vanuit de LEK
02-01-04-In1	Inlaat	ALBL0047	Inlaat vanuit de Zouweboezem
Gemaal Kok	Uitlaat	ALBL0040	Veenvaarten Overwaard
Uitwisselpunten ²⁾	Uitlaat	ALBL0047	Uitwisselingpunt Nederwaard / Overwaard
Vijfheerenlanden			
03-09-01-In1	Inlaat	BENL0042	Inlaat vanuit de Beneden Linge
03-09-03-In2	Inlaat	BENL0042	Inlaat vanuit de Beneden Linge
03-10-01-In1	Inlaat	BENL0042	Inlaat vanuit de Beneden Linge
Inlaat MolenterLeede	Inlaat	BENL0042	Inlaat vanuit de Beneden Linge
03-01-10-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
03-01-10-In2	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
03-02-01-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
03-02-04-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
03-04-01-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
03-04-05-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
03-05-01-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
03-05-24-In1	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
Inlaat gemeente Vianen	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
Inlaat gemeente Vianen Sportpark	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
Inlaat Hoef en Haag	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
Inlaat Huibert	Inlaat	BENL0359	Inlaat vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek
03-01-02-In1	Inlaat	ALBL0047	Inlaat vanuit de Zouweboezem
03-01-06-VI1	Inlaat	ALBL0047	Inlaat vanuit de Zouweboezem
03-01-08-In1	Inlaat	ALBL0047	Inlaat vanuit de Zouweboezem
Vijfheerenlanden			
Gemaal Kedichem	uitlaat	BENL0125	Beneden-Linge
Gemaal Schaaijk	uitlaat	BENL0126	Beneden-Linge
Gemaal Arkel	uitlaat	BENL0476	Kanalen Vijfheerenlanden
Gemaal Bolgerijen	uitlaat	BENL0080	Kanalen Vijfheerenlanden
Gemaal Lakerveld	uitlaat	BENL0003	Kanalen Vijfheerenlanden
Gemaal Middelkoop	uitlaat	BENL0123	Kanalen Vijfheerenlanden
Gemaal Autena	uitlaat	BENL0027	Merwedekanaal / Stenenhoek
Gemaal Bloemendaal	uitlaat	BENL0473	Merwedekanaal / Stenenhoek
Gemaal Heicop	uitlaat	BENL0330	Merwedekanaal / Stenenhoek
Gemaal Hoef en Haag	uitlaat	BENL0024	Merwedekanaal / Stenenhoek

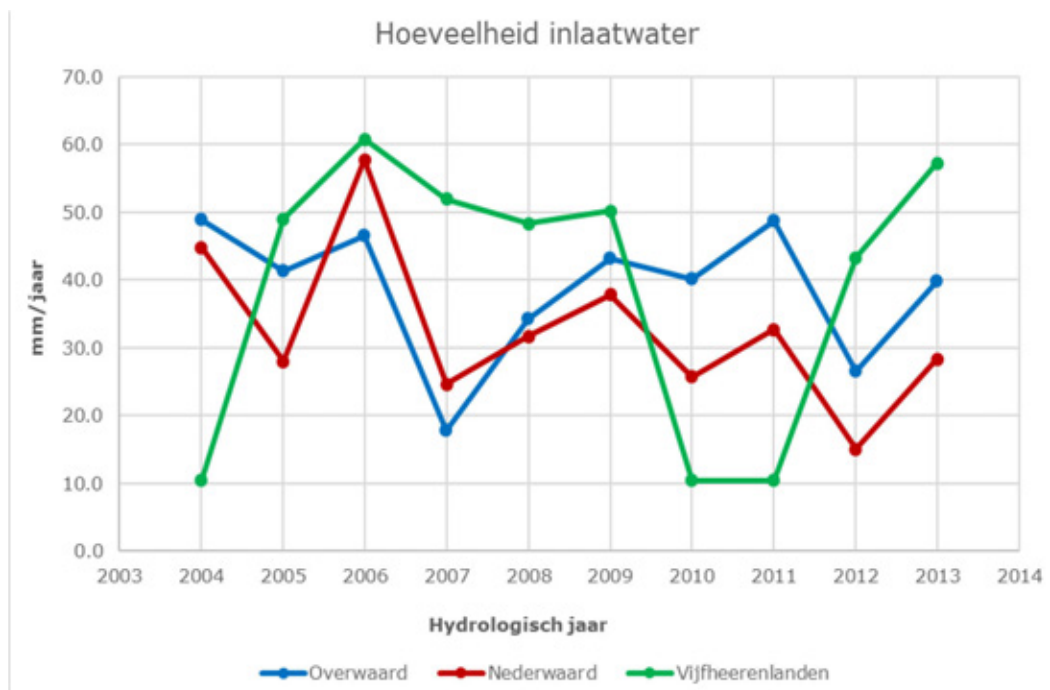
1) Tevens uitlaat voor het afwateringsgebied Overwaard.

2) Dezelfde meetpunten die als inlaat zijn gedefinieerd bij afwateringsgebied Nederwaard.

3.4 Resultaten vrachtberekeningen in- en uitlaat

Debieten waterinlaat

Op basis van de debiet- en kwaliteitsmeetpunten uit tabel 3.4 zijn het inkomende debiet en de inkomende stikstof- en fosforvracht afgeleid. De resulterende debieten zijn weergegeven in figuur 3.3. De hoeveelheid inlaatwater varieert tussen de 10 mm/jaar tot 61 mm/jaar. Gemiddeld wordt er tussen de 30 en 40 mm per jaar ingelaten. Vijfheerenlanden heeft een duidelijk ander inlaatpatroon dan Nederwaard en Overwaard.



Figuur 3.3 Hoeveelheid water die wordt ingelaten in de drie afwateringsgebieden voor de hydrologische jaren 2004-2013.

In de figuur valt op dat de hoeveelheid inlaatwater voor Vijfheerenlanden een dip laat zien in de hydrologische jaren 2004, 2010 en 2011. Uit de analyse van de afzonderlijke inlaatpunten blijkt dat dit voornamelijk wordt veroorzaakt doordat de hoeveelheid inlaatwater t.o.v. de andere jaren vanuit het Merwedekanaal / Stenenhoek lager is en dan specifiek bij inlaatpunt Huibert. Tabel 3.5 geeft een overzicht van de hoeveelheden water die in Vijfheerenlanden worden ingelaten. Voor de jaren 2004, 2010 en 2011 is er geen inlaat vanuit inlaatpunt Huibert, terwijl dit meetpunt in de andere jaren ca. 60% tot 80% van de totale inlaat voor haar rekening neemt.

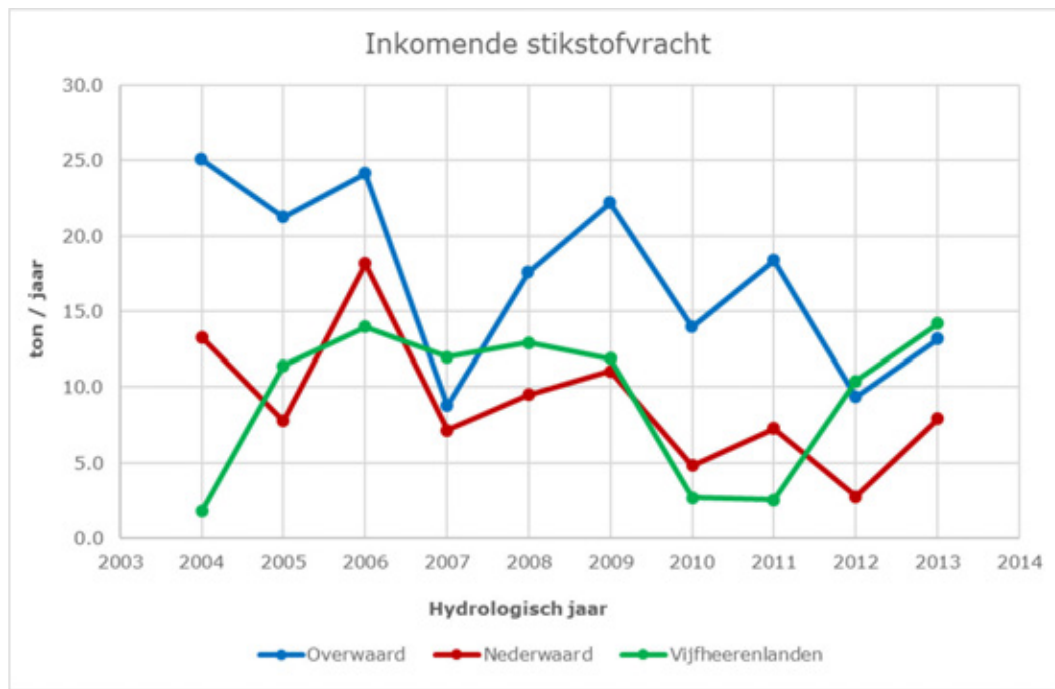
Uit tabel 3.5 blijkt daarnaast dat de hoeveelheid inlaatwater vanuit Beneden Linge in de jaren 2012 en 2013 groter is dan in voorgaande jaren. Dit kan volledig verklaard worden doordat voor het inlaatpunt Molenterleede alleen voor de jaren 2012 en 2013 gegevens beschikbaar zijn.

Tabel 3.5 Hoeveelheid inlaatwater (mm/jaar), uitgesplitst naar de verschillende inlaatpunten voor afwateringsgebied Vijfheerenlanden voor de periode 2004-2011.

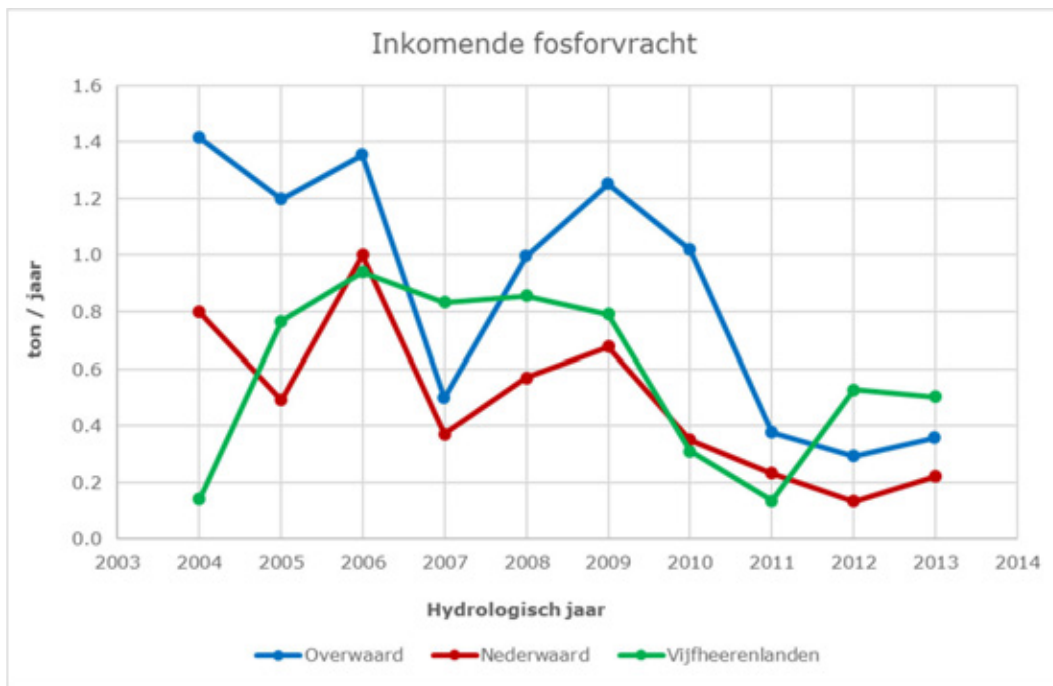
Hydrologisch jaar	Inlaat Zouweboezem	Beneden Linge	Merwedekanaal & Stenenhoek		Totaal IN
			Inlaat Huibert	Totaal	
2004	2.0	2.0	0.0	6.5	10.4
2005	2.0	2.0	38.6	45.1	49.0
2006	2.0	2.0	50.4	56.9	60.8
2007	2.0	2.0	39.2	48.0	51.9
2008	2.0	2.0	37.4	44.4	48.4
2009	2.0	2.0	39.4	46.3	50.2
2010	2.0	2.0	0.0	6.5	10.4
2011	2.0	2.0	0.0	6.5	10.4
2012	2.0	9.6	25.0	31.7	43.2
2013	2.0	11.4	36.4	43.8	57.2
Gemiddeld	2.0	3.7	0.0	33.6	39.2

Nutriëntenvrachten waterinlaat

De nutriënten vrachten die gepaard gaan met het inlaatwater zijn voor de periode 2004-2013 weergegeven in figuur 3.4 (stikstof) en figuur 3.5 (fosfor).



Figuur 3.4 Stikstofvracht die via het inlaatwater wordt aangevoerd in de drie afwateringsgebieden voor de hydrologische jaren 2004-2013.



Figuur 3.5 Fosforvracht die via het inlaatwater wordt aangevoerd in de drie afwateringsgebieden voor de hydrologische jaren 2004-2013.

De variatie in hoeveelheid stikstof die wordt aangevoerd, komt sterk overeen met de variatie in de hoeveelheid water dat wordt ingelaten. De gemiddelde inkomende vracht voor stikstof ligt grofweg tussen de 10 en 20 ton per jaar, voor deelgebied Overwaard wordt de grootste inkomende stikstofvracht afgeleid.

De hoeveelheid fosfor die wordt aangevoerd, ligt gemiddeld tussen de 0,5 en 1,0 ton per jaar en is gemiddeld het hoogste voor deelgebied Overwaard (figuur 3.5). Wanneer de variatie in fosforvracht vergeleken wordt met de variatie in hoeveelheid inlaatwater valt op dat met name in de periode 2010-2011 de trend van de fosforvracht afwijkt van de trend in hoeveelheid inlaatwater. De hoeveelheid inlaatwater voor de deelgebieden Overwaard en Nederwaard is in 2011 ca. 8 mm lager dan in 2010 (ruim 20%), terwijl de fosforvracht afneemt met ca. 30% en ca. 60%.

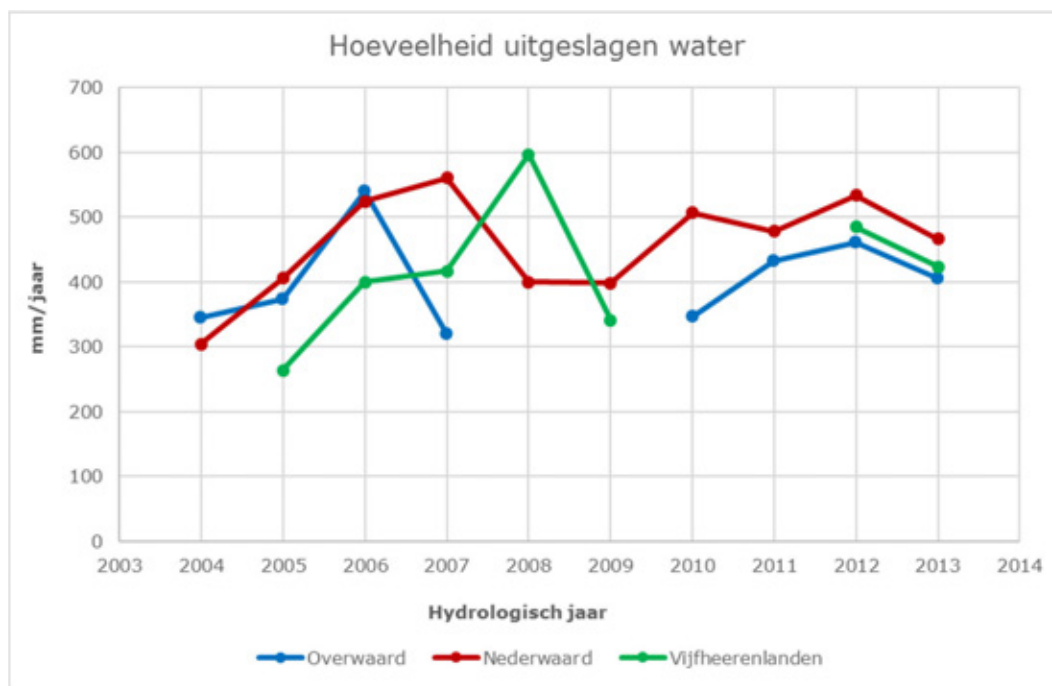
Ten behoeve van de interpretatie hiervan zijn de gemiddelde fosforconcentraties per hydrologisch jaar van de inlaatpunten weergegeven in tabel 3.6. Uit deze tabel komt naar voren dat de gemiddelde fosforconcentraties van met name de Lek en de Merwede in het hydrologisch jaar 2011 beduidend lager zijn dan in het hydrologisch jaar 2010. Dit verklaart de relatief lage fosforvrachten in 2011.

Tabel 3.6 Inlaatdebiet (mm/jaar), P-concentratie in het oppervlaktewater (mg/l) en de daarvan afgeleide inkomende fosforvrucht (ton/jaar) voor de verschillende inlaatpunten voor afwateringsgebied Nederwaard en Overwaard.

Debietmeetpunt	Kwaliteitsmeetpunt	Inlaatdebiet (mm/jaar)		P-concentratie (mg/l)		Inkomende vrucht (ton/ jaar)	
		2010	2011	2010	2011	2011	2011
Nederwaard		2010	2011	2010	2011	2011	2011
Uitwisselpunten ¹⁾	ALBLA0047	7,3	7,3	0,11	0,13	0,11	0,12
Inlaat Sliedrecht	MERWEDE	5,1	5,2	0,15	0,07	0,10	0,03
Inlaat Nederwaard	LEK	13	20	0,14	0,07	0,15	0,08
Totaal Nederwaard		26	33			0,35	0,23
Overwaard		2010	2011	2010	2011	2011	2011
Beneden Stad	MERWEDE	1,7	1,6	0,15	0,07	0,04	0,02
Merwedekanaal	BENL0359	2,5	2,5	0,28	0,10	0,13	0,04
Lek	LEK	1,5	15	0,15	0,07	0,04	0,01
Zouweboezem	ALBL0047	0,5	0,5	0,11	0,13	0,01	0,01
Inlaat Overwaard	LEK	34	43	0,15	0,07	0,80	0,29
Totaal Overwaard		40	49			1,02	0,38

Uitgaande debieten

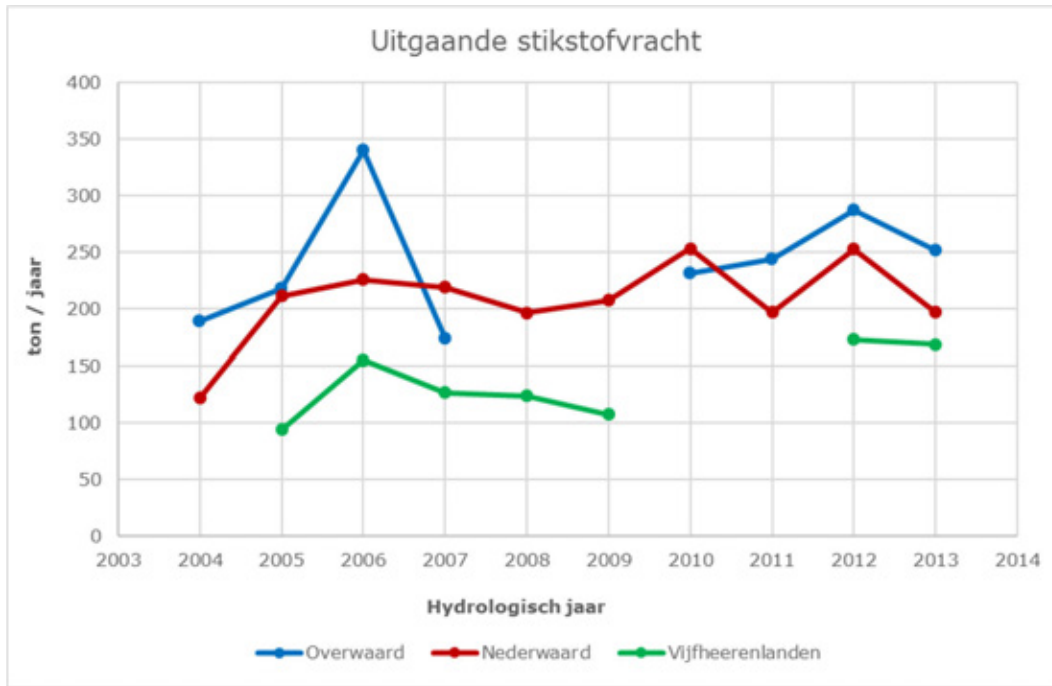
De uitgaande debieten zijn voor de periode 2004-2013 weergegeven in figuur 3.6. Voor de afwateringsgebieden Overwaard en Vijfheerenlanden is geen volledige reeks voor de periode 2004 en 2013 beschikbaar. Voor het afwateringsgebied Overwaard ontbreekt informatie voor de hydrologische jaren 2008 en 2009 (gemaal Kok), voor Vijfheerenlanden betreft het de jaren 2004, 2010 en 2011 en geldt het voor alle gemalen in het gebied. De uitgaande stikstof- en fosforvrucht kan voor deze jaren onvoldoende betrouwbaar afgeleid worden.



Figuur 3.6 Hoeveelheid water die via de gemalen wordt afgevoerd in de drie afwateringsgebieden voor de hydrologische jaren 2004-2013.

Nutriëntenvrachten wateruitlaat

De uit metingen afgeleide stikstofvrachten zijn weergegeven in figuur 3.7. De uitgaande stikstofvrachten zijn voor afwateringsgebied Vijfheerenlanden (gemiddeld 135 ton /jaar) beduidend lager dan voor de Nederwaard (208 ton/jaar) en Overwaard (242 ton/jaar). De uitgaande debieten (figuur 3.6) hebben echter min of meer dezelfde orde van grootte. Ten behoeve van de interpretatie hiervan zijn de gemiddelde stikstofconcentraties per hydrologisch jaar van de uitlaatpunten weergegeven in tabel 3.7. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde stikstofconcentraties nabij de uitlaatpunten van afwateringsgebied Vijfheerenlanden beduidend lager zijn dan voor Overwaard en Nederwaard.



Figuur 3.7 Stikstofvracht die via de gemalen wordt afgevoerd in de drie afwateringsgebieden voor de hydrologische jaren 2004-2013.

Tabel 3.7 Gemiddelde N-concentratie in het oppervlaktewater (mg/l) voor de jaren 2004-2013, uitgesplitst naar zomer- en winterhalfjaar voor de verschillende inlaatpunten voor afwateringsgebied Nederwaard, Overwaard en Vijfheerenlanden.

Debiet-Meetpunt	Kwaliteit meetpunt	N-concentratie 2004-2013 (mg/l)		
		Zomerhalfjaar	Winterhalfjaar	Jaargemiddeld
Nederwaard				
Gemaal Smit	ALBLA0015	2,53	4,83	3,76
Overwaard				
Gemaal Kok	ALBLA0040	2,31	4,16	3,31
Uitwisselpunten Nederwaard / Overwaard	ALBLA0047 ¹⁾	1,47	2,01	1,72
Vijfheerenlanden				
Gemaal Arkel	BENL0476 ²⁾	2,05	3,89	3,46
Gemaal Autena	BENL0027 ³⁾	1,39	1,68	1,53
Gemaal Bloemendaal	BENL0473 ²⁾	2,48	2,23	2,18
Gemaal Bolgerijen	BENL0080 ⁴⁾	1,41	2,73	2,19
Gemaal Heicop	BENL0330 ⁵⁾	1,79	3,83	2,93
Gemaal Hoef en Laag	BENL0024	1,57	1,85	1,71
Gemaal Kedichem	BENL0125	2,37	3,49	2,98
Gemaal Lakerveld	BENL0003	1,89	2,94	2,40
Gemaal Middelkoop	BENL0123	2,01	3,44	2,74
Gemaal Schaaijk	BENL0126 ⁶⁾	1,89	2,46	2,21

1) Geen gegevens voor de periode 2007 en 2008. Bijdrage van dit meetpunten aan de totale uitgaande stikstofvracht is beperkt.

2) Alleen gegevens voor 2012 en 2013.

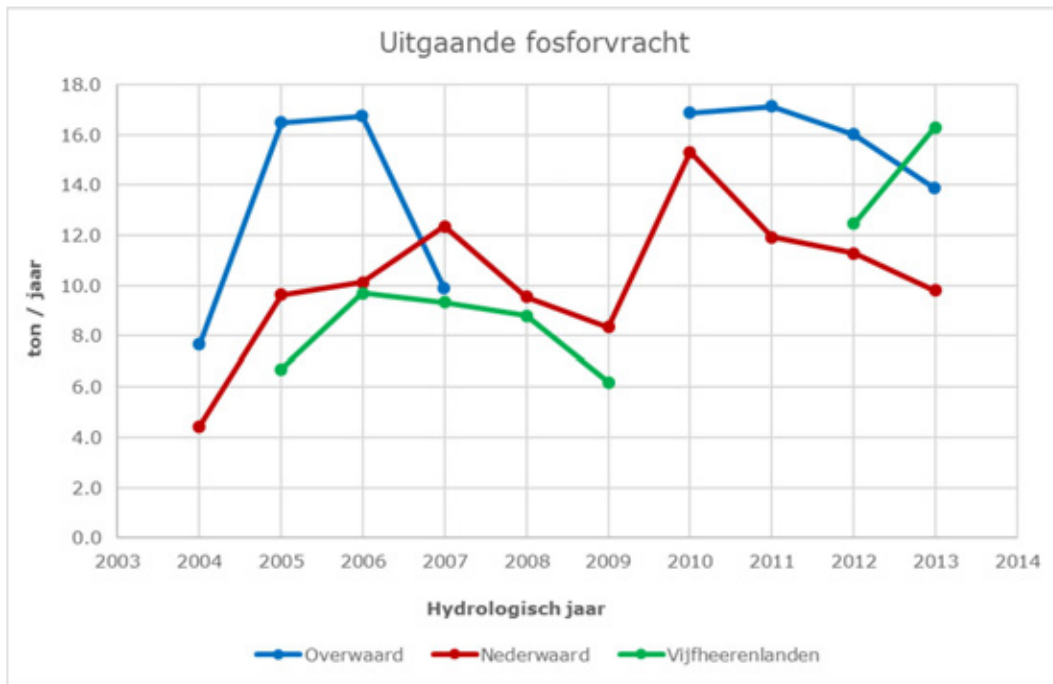
3) Geen gegevens voor de jaren 2008 t/m 2011.

4) Geen gegevens voor de jaren 2007 t/m 2011.

5) Geen gegevens voor de jaren 2006 t/m 2011.

6) Geen gegevens voor het jaar 2007.

De uit metingen afgeleide fosforvrachten zijn weergegeven in figuur 3.8. Op basis van de gemeten debieten en de P-concentraties wordt de grootste uitgaande fosforvracht afgeleid voor het afwateringsgebied Overwaard met gemiddeld 14,3 ton/jaar, gevolgd door afwateringsgebied Nederwaard met 10,3 ton/jaar en Vijfheerenlanden met 9,9 ton/jaar. De gemiddelde uitgaande debiet voor afwateringsgebied Overwaard (403 mm/jaar) is lager dan voor de andere twee afwateringsgebieden, maar de gemiddelde uitgaande fosforvracht is beduidend groter dan voor de Vijfheerenlanden en Nederwaard. Ten behoeve van de interpretatie hiervan zijn de gemiddelde fosforconcentraties per hydrologisch jaar van de uitmaalpunten weergegeven in tabel 3.8. De hogere P-vrucht in Overwaard ten opzichte van Vijfheerenlanden kan verklaard worden doordat de gemiddelde P-concentraties in het oppervlaktewater voor Vijfheerenlanden voor de meeste meetpunten lager zijn dan voor het meetpunt in afwateringsgebied Overwaard (uitzonderling hierop zijn de meetpunten bij Gemaal Middelkoop en gemaal Schaijk).



Figuur 3.8 Fosforvracht die via de gemalen wordt afgevoerd in de drie afwateringsgebieden voor de hydrologische jaren 2004-2013.

Tabel 3.8 Gemiddelde P-concentratie in het oppervlaktewater (mg/l) voor de jaren 2004-2013, uitgesplitst naar zomer- en winterhalfjaar voor de verschillende inlaatpunten voor afwateringsgebied Nederwaard, Overwaard en Vijfheerenlanden.

Debietmeetpunt	Kwaliteit meetpunt	P-concentratie 2004-2013 (mg/l)		
		Zomerhalfjaar	Winterhalfjaar	Jaargemiddeld
Nederwaard				
Gemaal Smit	ALBLA0015	0,19	0,21	0,20
Overwaard				
Gemaal Kok	ALBLA0040	0,22	0,21	0,22
Uitwisselpunten Nederwaard / Overwaard	ALBLA0047 ¹⁾	0,15	0,08	0,12
Vijfheerenlanden				
Gemaal Arkel	BENL0476 ²⁾	0,13	0,21	0,20
Gemaal Autena	BENL0027 ³⁾	0,12	0,11	0,11
Gemaal Bloemendaal	BENL0473 ²⁾	0,17	0,18	0,15
Gemaal Bolgerijen	BENL0080 ⁴⁾	0,11	0,15	0,14
Gemaal Heicop	BENL0330 ⁵⁾	0,17	0,21	0,19
Gemaal Hoef en Laag	BENL0024	0,16	0,17	0,16
Gemaal Kedichem	BENL0125	0,19	0,17	0,18
Gemaal Lakerveld	BENL0003	0,21	0,18	0,19
Gemaal Middelkoop	BENL0123	0,24	0,26	0,25
Gemaal Schaaijk	BENL0126 ⁶⁾	0,30	0,23	0,26

1) Geen gegevens voor de periode 2007 en 2008. Bijdrage van dit meetpunten aan de totale uitgaande fosforvrucht is beperkt.

2) Alleen gegevens voor 2012 en 2013.

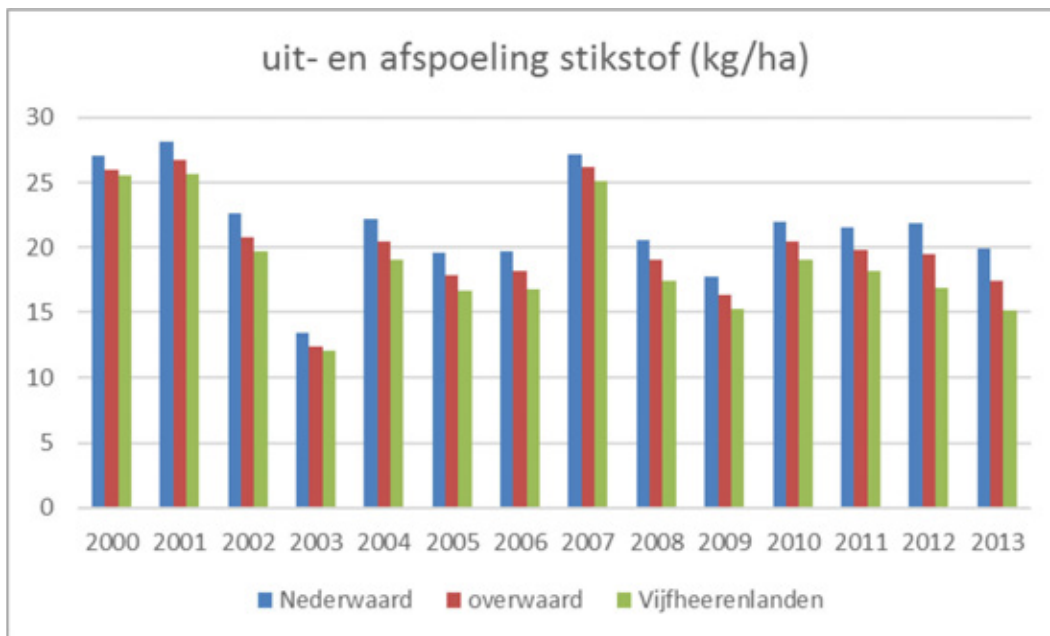
3) Geen gegevens voor de jaren 2008 t/m 2011.

4) Geen gegevens voor de jaren 2007 t/m 2011.

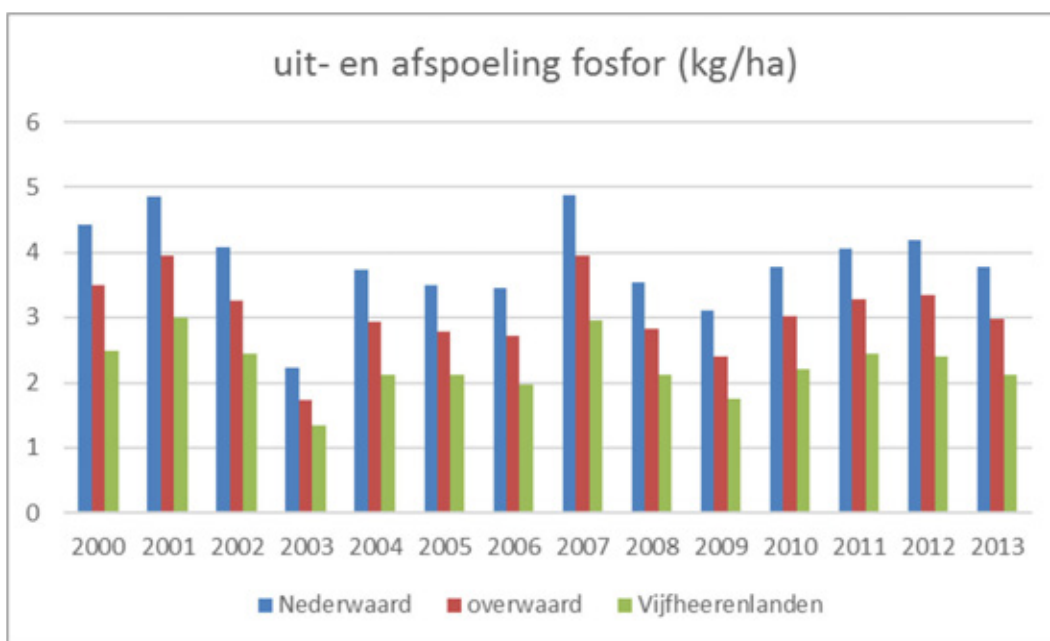
5) Geen gegevens voor de jaren 2006 t/m 2011. 6) Geen gegevens voor 2007.

3.5 Uit- en afspoeling landbouw en natuurgronden

Met ECHO wordt de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurbodems met de herschikte STONE-plots per deelgebied gesommeerd. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 3.9 (stikstof) en 3.10 (fosfor). De uit- en afspoeling is in deze figuren uitgedrukt in kg ha⁻¹ door de totalen te delen door het areaal waarvoor de herschikking is uitgevoerd. Voor Nederwaard is dit areaal 9.731 ha, voor Overwaard 15.654 ha en voor Vijfheerenlanden 12.144 ha. Uit de figuren blijkt dat de uit- en afspoeling sterk van jaar tot jaar wisselt. Voor stikstof zijn de verschillen tussen de drie deelgebieden vrij gering. Voor fosfor zijn de verschillen tussen de deelgebieden fors. In Nederwaard is de uit- en afspoeling van fosfor duidelijk groter dan in Overwaard, alwaar dit weer duidelijk hoger is dan in Vijfheerenlanden (Nederwaard gemiddeld 3,8 kg P ha⁻¹, Overwaard gemiddeld 3,0 kg P ha⁻¹, Vijfheerenlanden gemiddeld 2,2 kg P ha⁻¹). De verschillen voor fosfor komen vooral voort uit de verschillen in de bodemopbouw. Met name bij natte en venige bodems is de uit- en afspoeling van fosfor groter dan op drogere en meer kleiige bodems.



Figuur 3.9 Uit- en afspoeling stikstof landbouw en natuurbodems berekend na herschikking van de STONE-rekenplots.



Figuur 3.10 Uit- en afspoeling fosfor landbouw en natuurbodems berekend na herschikking van de STONE-rekenplots.

3.6 Overige bronnen uit EmissieRegistratie

Vanuit de database EmissieRegistratie zijn in ECHO per deelgebied de overige punt- en diffuse bronnen gekwantificeerd. Bijlage 2 geeft een overzicht van alle bronnen waar in EmissieRegistratie vrachten voor stikstof en fosfor zijn opgenomen. Tabel 3.9 geeft een overzicht van de punt- en diffuse stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater zoals die zijn ontleend aan de EmissieRegistratie. De bijdrage van deze bronnen zijn ten opzichte van de inlaat en de uit- en afspoeling gering.

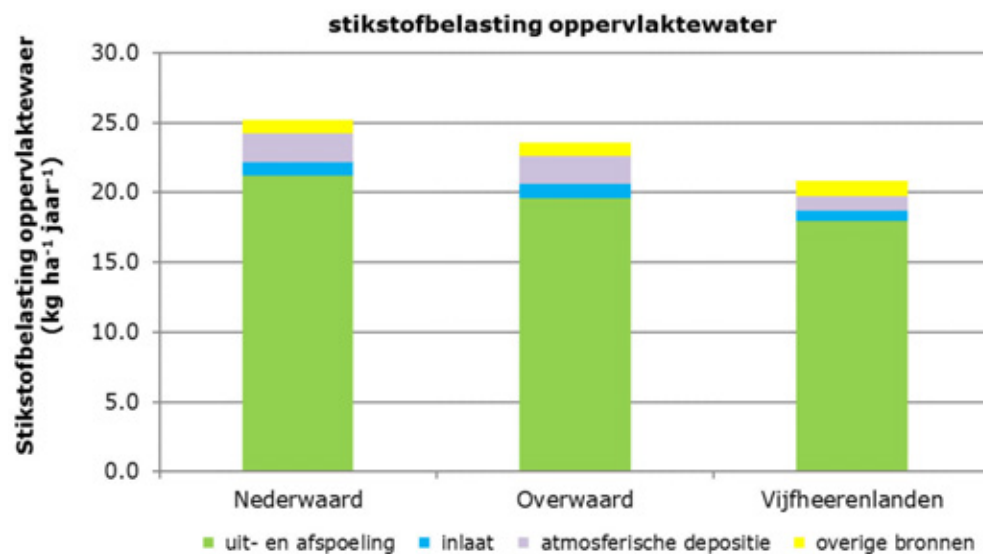
Tabel 3.9 Stikstof- en fosforbelasting (kg ha^{-1}) van het oppervlaktewater van een aantal bronnen uit de EmissieRegistratie voor de drie afwateringseenheden.

Bron	Stikstof			Fosfor		
	Nederwaard	Overwaard	Vijfheerenlanden	Nederwaard	Overwaard	Vijfheerenlanden
Overige landbouwemissies	0,77	0,83	0,72	0,13	0,15	0,12
Atmosferische depositie (op open water)	2,1	1,9	1,0	-	-	-
Industriële lozingen	0,04	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Overige emissies	0,16	0,17	0,35	0,01	0,02	0,03
Rwzi	-	-	0,20	-	-	0,10
Totaal	3,0	2,9	2,3	0,14	0,16	0,25

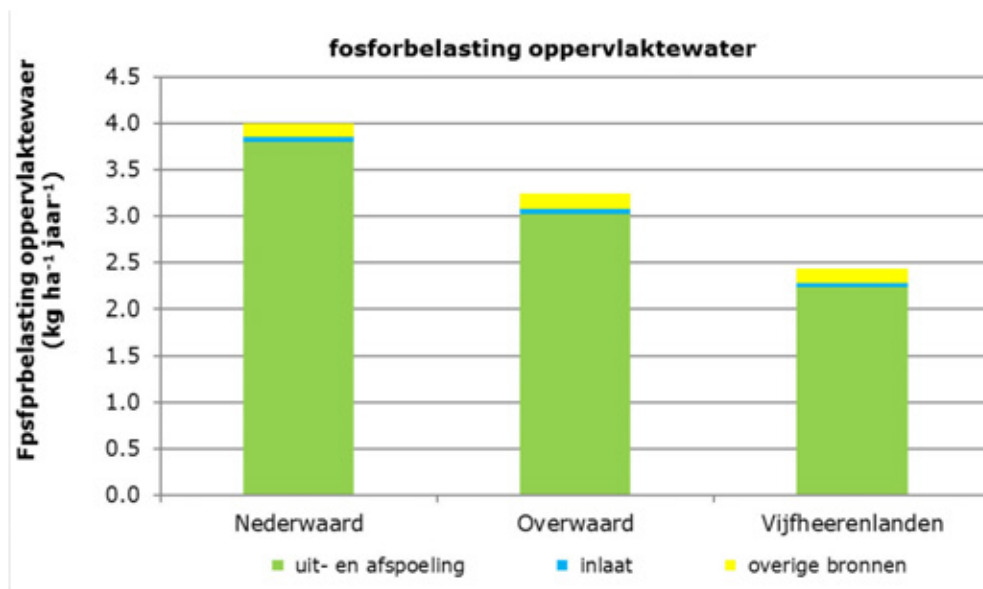
3.7 Totale Stikstof- en fosforbelasting

Met ECHO worden per deelgebied de inlaat, uit- en afspoeling en overige punt- en diffuse bronnen gesommeerd. Figuur 3.11 geeft hiervan het overzicht voor stikstof en figuur 3.12 voor fosfor.

Uit deze figuren komt naar voren dat de gemiddelde uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden de belangrijkste belasting vormt. De bijdrage van de atmosferische depositie, inlaat en overige bronnen varieert tussen 4% en 8%.



Figuur 3.11 Gemiddelde stikstofbelasting ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) van het oppervlaktewater in de periode 2004-2013 voor drie afwateringsgebieden, onderverdeeld naar de bijdrage van uit- en afspoeling, inlaat, directe atmosferische depositie op het oppervlaktewater en overige bronnen (overige landbouwemissies, industriële lozingen en overige emissies).



Figuur 3.12 Gemiddelde fosforbelasting ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) van het oppervlaktewater in de periode 2004-2013 voor drie afwateringsgebieden, onderverdeeld naar de bijdrage van uit- en afspoeling, inlaat, directe atmosferische depositie op het oppervlaktewater en overige bronnen (overige landbouwemissies, industriële lozingen en overige emissies).

3.8 Retentie in het oppervlaktewater

Voor het opstellen van stikstof- en fosforbalansen moet naast de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater ook de retentie in het oppervlaktewater worden gekwantificeerd. Voor het kwantificeren van de retentie is gebruikgemaakt van de methode die is toegepast voor de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (Van Boekel et al. 2012), in de studie voor het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier bij het afleiden van theoretische achtergrondconcentraties (Van Boekel et al. 2015) en in de studie waarin de herkomst is afgeleid van de nutriëntenbelasting in het oppervlaktewater voor zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân (Van Boekel et al. 2016). In bijlage 4 is de wijze waarop de retentie is afgeleid uitgebreid beschreven.

De wijze waarop de retentie wordt afgeleid, is afhankelijk van de grondsoort en het type afwateringsgebied. De afwateringsgebieden zijn geclassificeerd als klei- en veenpolder. De omvang van de retentie is voor stikstof afgeleid uit metingen (PLONS-project, www.plons.wur.nl). Op basis van de eigenschappen van polders is de capaciteit van het oppervlaktewatersysteem bepaald om stikstof vast te leggen, uitgedrukt in gram per m^2 waterbodem. Het areaal open water is derhalve een belangrijke factor in de berekende retentie. De berekende absolute stikstofbelasting is van toepassing op alle bronnen in het gebied, er wordt dus geen specifieke retentie per bron afgeleid. De op deze wijze berekende stikstofretentie voor Nederwaard en Overwaard hebben dezelfde orde van grootte (16% van de totale input). De stikstofretentie voor Vijfheerenlanden is bijna twee keer zo hoog, namelijk $7,1 \text{ kg ha}^{-1}$ (34%). Uit eerder onderzoek naar de retentie van stikstof in veenweidegebieden komen beduidend hogere waarden voor de retentie naar voren. In onderzoek voor het peilgebied Bergambacht (Roest en Groenendijk, 1995; Hendriks et al. 1994) is de stikstofretentie op basis van berekeningen met het waterkwaliteitmodel NUSWA ingeschat op 55%. In recenter onderzoek naar de nutriëntenbelasting in de Krimpenerwaard is met het waterkwaliteitmodel NUSWA-light voor stikstof evenals voor fosfor een retentie afgeleid van ca. 50% (Gerven et al. 2011). Deze waarde is ook aangehouden in de analyse van de herkomst van de nutriëntenbronnen in de Krimpenerwaard (Schipper et al. 2016). Op basis hiervan wordt voor de stikstofbalans van Nederwaard en Overwaard een retentie aangehouden van 50%. De genoemde onderzoeken geven geen aanleiding om de met ECHO berekende stikstofretentie in Vijfheerenlanden (34%) aan te passen.

Voor de fosforretentie in poldersystemen wordt voor de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden een vaste retentiefactor 0,50 aangehouden; voor alle andere bronnen wordt een retentiefactor van 0,20 aangehouden. Omdat de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden ruim 90% van de totale aanvoer van nutriënten voor haar rekening neemt (paragraaf 3.3.2), is het verklaarbaar waarom de fosforretentie voor de drie deelgebieden bijna 50% bedraagt.

3.9 Plausibiliteit stikstof- en fosforbalansen

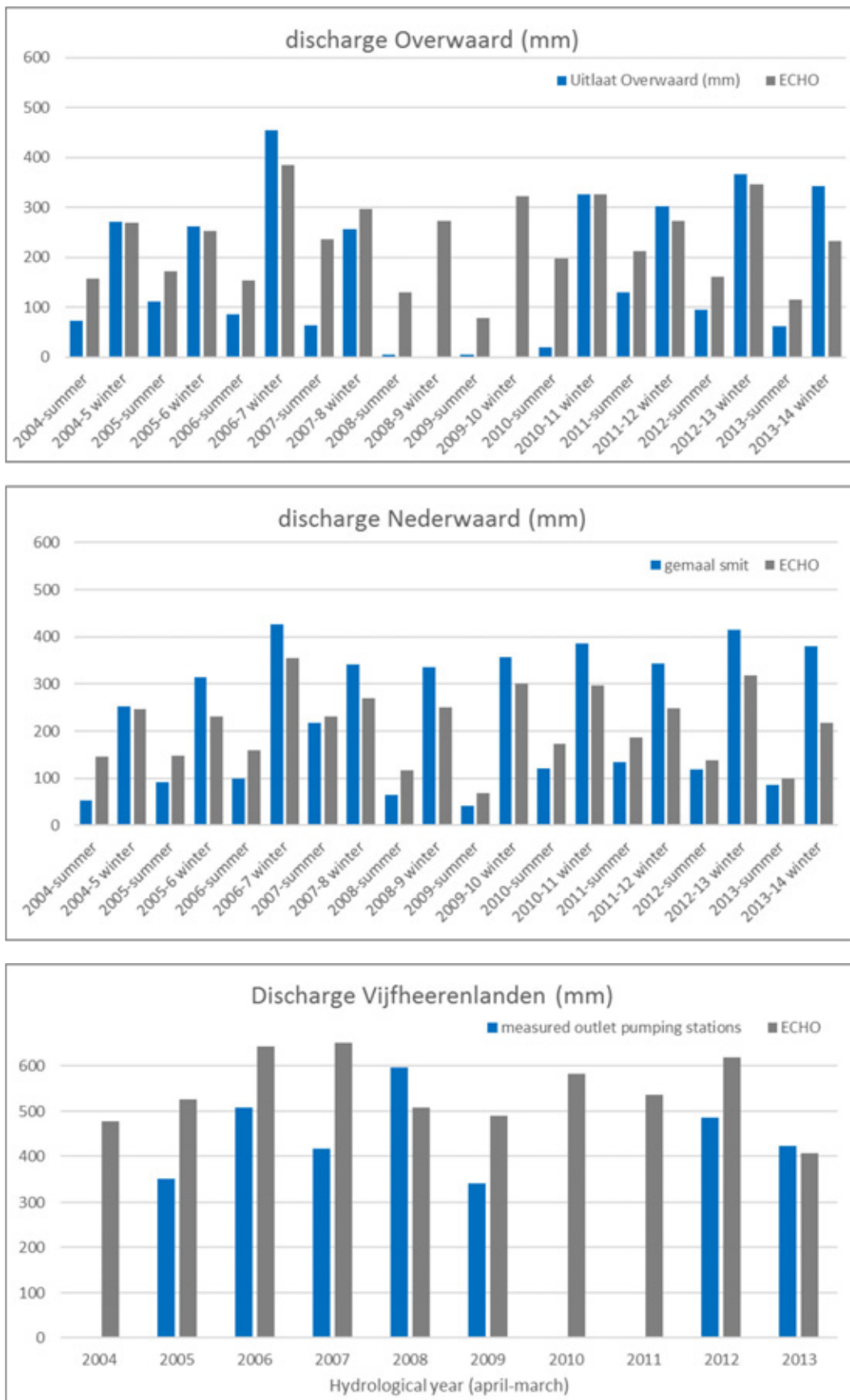
Om een beeld te krijgen in hoeverre de netto uitgaande nutriëntenvrachten (bruto inkomende vracht minus retentie) plausibel zijn, zijn deze vergeleken met de uitgaande nutriëntenvrachten op basis van de metingen. In het navolgende wordt achtereenvolgens ingegaan op de plausibiliteit van de berekende waterbalansen en de berekende stikstof- en fosforbalansen.

Plausibiliteit waterbalans

Als eerste indicatie voor de plausibiliteit zijn in figuur 3.13 de met ECHO berekende uitgaande debieten vergeleken met de uit metingen afgeleide uitgaande debieten. Voor Nederwaard en Overwaard zijn hierbij het zomer- en winterhalfjaar apart onderscheiden. Omdat het deelgebied Vijfheerenlanden door een meerdere gemalen worden bemalen en van sommige perioden onvoldoende maalcijfers bekend zijn, is hier de vergelijking uitgevoerd per hydrologisch jaar.

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.

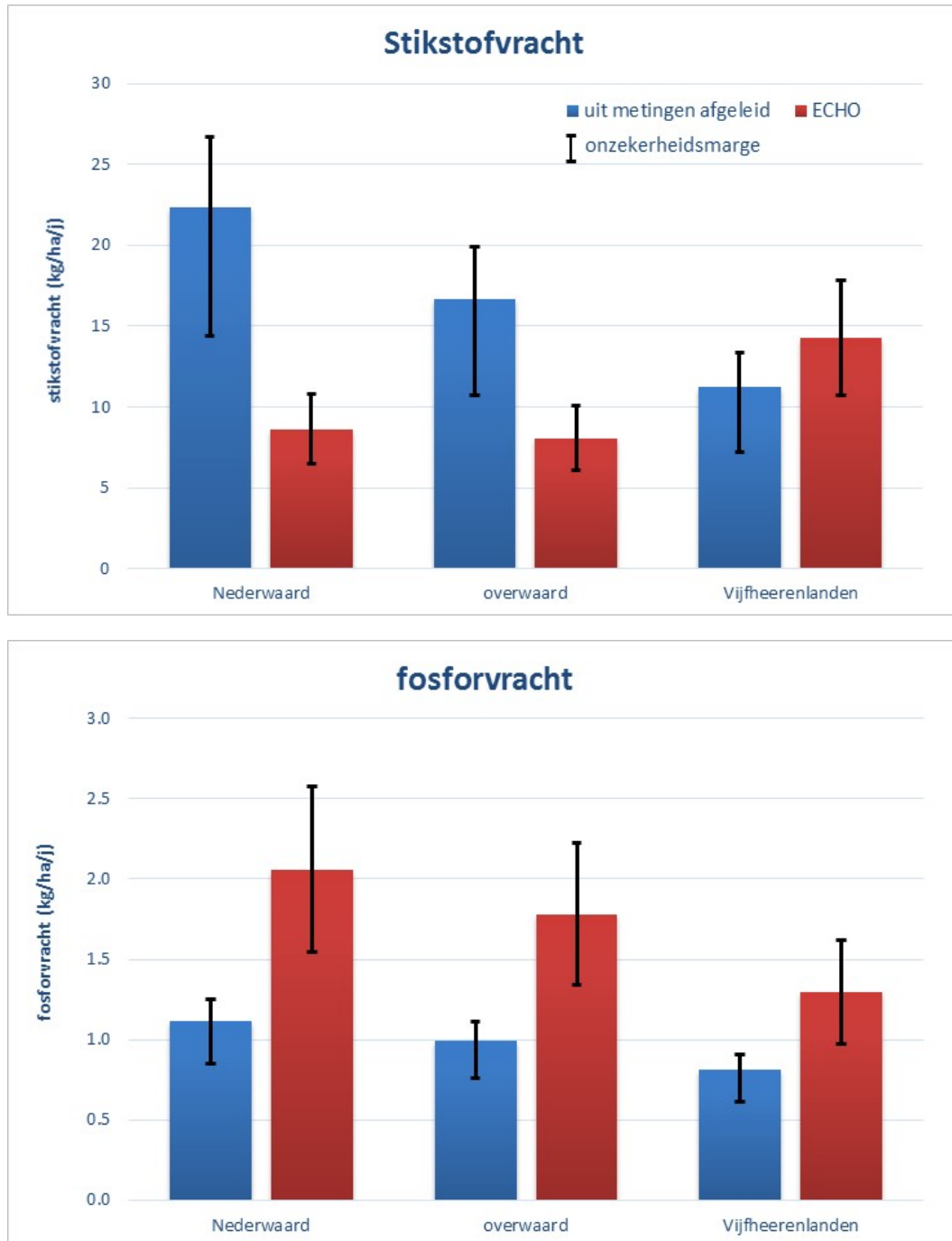
Met name door het grote areaal open water (10 à 13%) worden daardoor in de winter (netto neerslagoverschot) met ECHO te lage debieten berekend en in de zomer (netto neerslagtekort) te hoge debieten. Verder moet bij de interpretatie rekening worden gehouden dat de meetreeksen voor de debieten in Vijfheerenlanden vaak niet compleet zijn en dat het afleiden van debieten uit maalcijfers gepaard gaat met onzekerheden (Mulder et al. 2011). Met deze wetenschap kan uit de vergelijking geconcludeerd worden dat qua orde van grootte en het seizoenale verloop de berekende debieten vrij goed aansluiten bij de uit metingen afgeleide debieten. Dit biedt vertrouwen in de waterfluxen (drainage en oppervlakkige afstroming) die met de SWAP-ANIMO-rekenplots worden berekend.



Figuur 3.13 Vergelijking tussen de met ECHO berekende en uit metingen afgeleide uitgaande debieten (gemalen). Bij de interpretatie moet rekening worden gehouden dat ECHO 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.

Plausibiliteit stoffenbalans (stofvrachten)

Uit de analyse van de meetgegevens blijkt dat niet voor alle jaren voldoende informatie beschikbaar is om een betrouwbare vrachtbepaling uit te voeren. 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. Voor deelgebied Overwaard worden de jaren 2004, 2008-2010 niet meegenomen, voor Vijfheerenlanden de jaren 2004-2005, 2010-2012 en voor Nederwaard het jaar 2004. De vergelijkingen van de berekende versus de uit metingen afgeleide uitgaande vrachten is weergegeven in figuur 3.14.



Figuur 3.14 Vergelijking tussen de uit metingen afgeleide nutriëntenvracht nabij de uitlaatpunten van de afwateringseenheden en de netto uitgaande nutriëntenvracht op basis van de ECHO-resultaten.

Voor de interpretatie dient rekening te worden gehouden met onzekerheden in de debiet- en concentratiemetingen in het oppervlaktewater en de daarvan afgeleide nutriëntenvrachten en evenzo in de onzekerheden over de modelberekeningen met ECHO. Omdat er in dit onderzoek niet voor gekozen is om een onzekerheids- en gevoeligheidsanalyse uit te voeren, is gebruikgemaakt van inzichten in deze onzekerheden die verkregen zijn uit eerdere onderzoeken.

Voor het schatten van de onzekerheidsmarge van de uit metingen afgeleide uitgaande nutriëntenvrachten is gebruikgemaakt van het onderzoek dat door Deltares is uitgevoerd (Rozemeijer, 2015). Hierin is nagegaan wat het effect is van de meetfrequentie (verschil tussen tweewekelijkse metingen en maandmetingen) op de afgeleide jaarvrachten voor stikstof en fosfor. Uit de resultaten blijkt dat op basis van de maandelijkse metingen ten opzichte van de tweewekelijkse metingen de jaarvrachten voor N-totaal een afwijking hebben van -36% tot +19,2%, de jaarvrachten voor P hebben een afwijking van -24% tot +11,9%. Deze waarden zijn in figuur 3.14 als onzekerheidsmarges aangeduid. Voor Nederwaard wordt water uitgemalen vanuit één gemaal (gemaal Smit) en voor Overwaard ook vanuit één gemaal (gemaal Kok). Voor de uit metingen af te leiden vrachten is zowel voor Overwaard als Nederwaard dan ook één meetpunt representatief gesteld voor de kwaliteit van het uitgemalen water.

Bijlage 5 geeft een overzicht van de concentraties van fosfor en stikstof die in deze meetpunten wordt gemeten. De meetfrequentie tot 2014 wisselt per jaar; het ene jaar maandelijks en het andere jaar twee keer per maand. Wat opvalt, is dat de concentraties zeer sterk variëren. Voor stikstof zijn grote verschillen tussen hetgeen in het zomer- en winterhalfjaar wordt gemeten; in de zomer zijn de concentraties namelijk veel lager. Dit is ook hetgeen verwacht kan worden, omdat in de zomer door de opkomende biomassa veel stikstof uit het water wordt opgenomen. Voor fosfor zijn deze verschillen niet zichtbaar, vermoedelijk omdat in de zomer door reductieprocessen fosfor vrijkomt uit de waterbodem. Gelet op de grote variaties in de gemeten concentraties zijn de onzekerheidsmarges bij de maandelijkse metingen mogelijk nog wat groter dan in de figuren is aangehouden.

Voor het afleiden van de onzekerheidsmarges van de met ECHO berekende uitgaande vracht zijn de onzekerheidsmarges gebruikt die in het onderzoek van Alterra (Van Boekel et al. 2011) zijn afgeleid. Voor de berekende netto uitgaande nutriëntenbelasting (totale emissie naar water minus de retentie) is een onzekerheidsmarge van 25% voor zowel stikstof als voor fosfor aangehouden en is een resultante van alle bronnen met ieder een eigen onzekerheidsmarge.

Uit figuur 3.14 blijkt dat de berekende uitgaande stikstofvrachten in Overwaard en Nederwaard kleiner zijn dan de uit metingen afgeleide stikstofvrachten. De verschillen vallen ook net wat buiten de bandbreedte van de aangehouden onzekerheden. Uit een nadere analyse van de modelresultaten blijkt dat de stikstofnalevering vanuit veenbodems opvallend laag is ten opzichte van eerdere regionale studies; zie onderzoek in de Donkse Laagten (Hendriks 1991, 1993) en onderzoek naar de effecten van onderwaterdrains in veenbodems (Hendriks et al. 2012, bijlage G). Mogelijk is dus de hier berekende stikstofnalevering uit landbouwgronden onderschat en zouden bij hogere waarden voor de stikstofnalevering uit de berekende uitgaande vrachten beter overeenkomen met de uit metingen afgeleide uitgaande vrachten.

Uit figuur 3.14 blijkt verder dat de berekende uitgaande fosforvrachten bijna twee keer zo laag zijn als hetgeen uit de metingen is afgeleid. De modelmatig berekende concentraties in de met ECHO voor veenbodems geselecteerde SWAP-Animo-rekenplots zijn rond de GLG beduidend hoger (rond een factor 2) dan hetgeen in eerder onderzoek (Hendriks, 1993; Hendriks en Van den Akker, 2012) is gevonden. Hierdoor lijkt het aannemelijk dat de nalevering in de met ECHO geselecteerde SWAP-Animo-rekenplots is overschat. Wanneer deze nalevering significant lager berekend zou moeten worden, zullen de berekende en uit metingen afgeleide, uitgaande fosforvrachten meer overeenkomen.

4 Herkomstanalyse stikstof en fosfor

4.1 Herkomst uit- en afspoeling landbouwgronden

De uit- en afspoeling uit het landelijk gebied (landbouw- en natuurgronden) kan op basis van de herschikte SWAP-ANIMO-rekenplots verder onderverdeeld worden in herkomst waarbij de methodiek gebruikt die in diverse landelijke en regionale studies is gebruikt (zie ook paragraaf 2.5). Het resultaat hiervan is weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Gemiddelde uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater ($\text{kg ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$) in de periode 2004-2013 voor drie afwateringsgebieden.

Bron	Stikstof ($\text{kg ha}^{-1} \text{en } \%$)						Fosfor ($\text{kg ha}^{-1} \text{en } \%$)																													
	Nederwaard		Overwaard		Vijfheerenlanden		Nederwaard		Overwaard		Vijfheerenlanden																									
Actuele bemesting	9,5	38%	10,0	42%	11,6	55%	0,13	2%	0,1	4%	0,4	14%																								
Historische bemesting	1,2	5%	1,1	5%	0,9	4%	0,8	20%	0,6	17%	0,2	8%																								
Nalevering landbouwbodems	7,9	32%	6,3	27%	3,2	15%	2,6	65%	2,1	64%	1,4	57%																								
Atmosferische depositie (land)	0,66	3%	0,73	3%	0,93	4%	-	0%	-	0%	-	0%																								
Kwel	0,08	0%	0,17	1%	0,45	2%	0,01	0%	0,03	1%	0,13	5%																								
Infiltratiewater	1,2	5%	0,87	4%	0,19	1%	0,30	7%	0,21	6%	0,05	2%																								
Uit+afspoeling natuurgronden	0,58	2%	0,40	2%	0,60	3%	0,04	1%	0,03	1%	0,06	2%																								
Overige landbouwemissies	0,77	3%	0,83	4%	0,72	3%	0,13	3%	0,15	4%	0,12	5%																								
Atmosferische depositie (water)	2,1	8%	1,9	8%	1,0	5%	-	0%	-	0%	-	0%																								
Industriële lozingen	0,04	0%	0,00	0%	0,03	0%	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%																								
Overige emissies	0,16	1%	0,17	1%	0,35	2%	0,01	0%	0,02	1%	0,03	1%																								
Rwzi's	-	0%	-	0%	0,20	1%	-	0%	-	0%	0,1	4%																								
Inlaat	0,92	4%	1,1	5%	0,76	4%	0,05	1%	0,06	2%	0,05	2%																								
Totaal IN	25,2		23,6		21,0		4,0		3,2		2,5																									
Retentie	12,6 (50%)						11,8 (50%)						7,1 (34%)						1,9 (49%)						1,6 (48%)						1,2 (46%)					
Totaal UIT	12,6		11,8		13,9		2,1		1,6		1,3																									

De bijdrage van de actuele bemesting aan de uit- en afspoeling van stikstof ligt tussen de 38% in de Nederwaard tot ca. 55% voor de Vijfheerenlanden. De nalevering van de bodem varieert tussen 15% (Vijfheerenlanden) en 32% (Nederwaard). De bijdrage van de andere bronnen is kleiner dan 8%.

In tegenstelling tot stikstof is de bijdrage van de actuele bemesting aan de uit- en afspoeling van fosfor beperkt (< 5%), met uitzondering van Vijfheerenlanden (14%). De belangrijkste bron voor de uit- en afspoeling van fosfor is de nalevering van de bodem (57-65%).

4.2 Herkomstverdeling belasting naar beïnvloedbaarheid

In dit onderzoek is de recente belasting (2004-2013) van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor in beeld gebracht en de herkomst hiervan afgeleid. Voor waterbeheerders is het vervolgens interessant om te weten welke bronnen en emissieroutes door de waterbeheerders te sturen zijn. In een notitie die is opgesteld voor de Nutriëntenwerkgroep Rijn-West (Schipper et al. 2012) zijn de nutriëntenbronnen ingedeeld naar beïnvloedbaarheid (direct of op korte/lange termijn) en niet beïnvloedbaar (tabel 4.2).

Tabel 4.2 Indeling nutriëntenbronnen naar beïnvloedbaarheid (direct of op korte/lange termijn) en niet beïnvloedbaar.

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

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

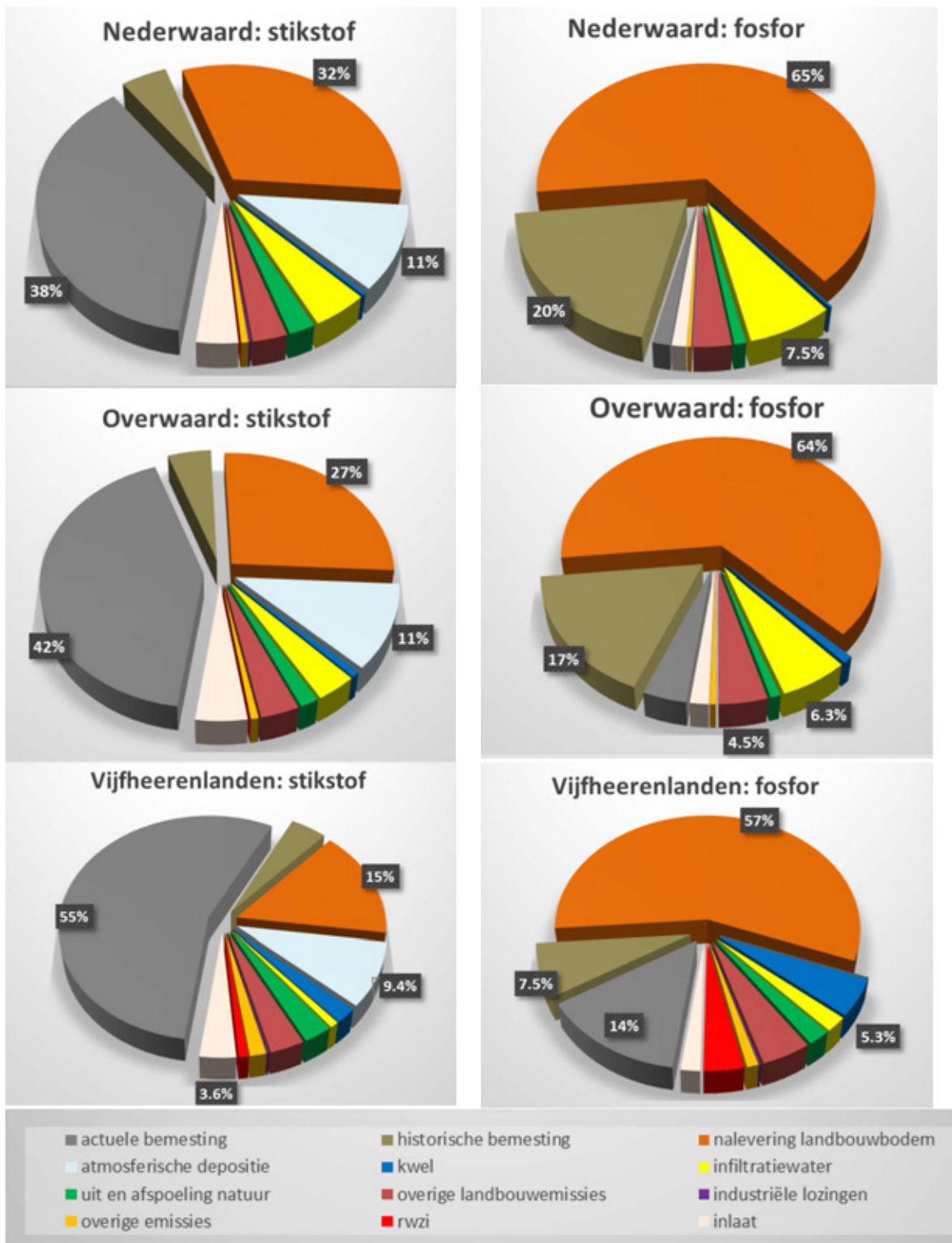
2) Nalevering door verwerking, oplossen metaal(hydr)oxides, oxidatie, historische bemesting, historische kwel en historische depositie.

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

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

Conform deze indeling is de herkomst van de nutriëntenbelasting weergegeven in figuur 4.1.

Uit deze bronverdeling blijkt dat de totale belasting van het oppervlaktewater met stikstof met name afkomstig is van de actuele bemesting, gevolgd door de nalevering vanuit landbouwgronden en de atmosferische depositie op het land en het open water. De fosforbelasting is met name afkomstig van de nalevering uit landbouwgronden en de historische bemesting. Voor fosfor is daarnaast de bijdrage van infiltratiewater (Nederwaard en Overwaard) een relatief grote bron, voor Vijfheerenlanden speelt daarnaast de kwel (ca. 5%) een rol bij de fosforbelasting van het oppervlaktewater.



Figuur 4.1 Relatieve bijdrage van verschillende bronnen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de afwateringsgebieden Nederwaard, Overwaard en Vijfheerenlanden.

Beïnvloedbaar, direct effect

Van een aantal bronnen kan een direct effect op de stikstof- en fosforbelasting worden verwacht. Dit zijn met name waterinlaat, puntlozingen (rwzi's, industriële lozingen) en overige agrarische emissies. Op basis van de resultaten uit dit onderzoek blijkt dat ongeveer 5 tot 10% van de stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater aan deze categorie toegekend kan worden. Het gaat dan met name om de inlaat en overige landbouwemissies.

Beïnvloedbaar, korte en lange termijn

Het grootste gedeelte van de stikstof- en fosforbelasting in de zes polders is afkomstig van de actuele en historische bemesting en de nalevering van de landbouwbodems (75-85%). Het verlagen van de actuele bemesting (o.a. via het mestbeleid) levert op zowel korte als lange termijn een reductie op van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater (met name voor stikstof). Effecten van alternatieve maatregelen die aangrijpen op de nalevering vanuit de bodem (bijvoorbeeld uitmijnen) zijn over het algemeen pas op langere termijn zichtbaar. Voor het verlagen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit deze bronnen is samenwerking/afstemming tussen de waterbeheerders en de agrarische sector nodig.

Bron niet/moeilijk beïnvloedbaar

De laatste categorie die onderscheiden kan worden, zijn bronnen die moeilijk of niet beïnvloedbaar zijn. Op basis van de herkomstanalyse blijkt dat voor de drie afwateringsgebieden tussen de 15 en 20% van de stikstofbelasting moeilijk/niet beïnvloedbaar is, voor fosfor ligt dit tussen de 5 en 10%.

Onzekerheden kwantificering herkomst

Uit een nadere analyse van de modelresultaten (paragraaf 3.9) is naar voren gekomen dat in de gebieden met veenbodems de berekende nalevering voor stikstof mogelijk is onderschat en voor fosfor overschat. Voor de herkomstverdeling van stikstof zou dit betekenen dat het aandeel van nalevering in de totale belasting groter is en het aandeel van bemesting iets kleiner. Voor de herkomstverdeling van fosfor zou dit voor de nalevering juist een kleiner aandeel nalevering betekenen en een groter aandeel bemesting. Nader onderzoek is nodig om te bepalen of en in welke mate de nalevering is onder- en overschat en tot welke verschuivingen dit in de herkomstverdeling leidt.

4.3 Effecten 5^e NAP op de uit- en afspoeling

De effecten van het mestbeleid op de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater zijn afgeleid op basis van bestaande berekeningen met STONE (Groenendijk et al. 2015), die zijn uitgevoerd in het kader van de ex-ante-evaluatie KRW (Van Gaalen et al. 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 Actieprogramma 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 voorgenomen 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 voorgenomen mestbeleid ook invloed heeft op de emissies vanuit overige agrarische bronnen (meemesten sloten, erfafspoeling, glastuinbouw). Het effect van het voorgenomen mestbeleid op de bijdrage van deze bronnen is niet bekend en derhalve niet meegenomen.

Tabel 4.3 *Effect van het voorgenomen mestbeleid (5^e Actieprogramma) op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater (min = reductie).*

Polder	Stikstof	Fosfor
Overwaard	-1,6%	-3,6%
Nederwaard	-3,0%	-3,5%
Vijfheerenlanden	-1,1%	-4,0%

De effectiviteit van het mestbeleid (5^e NAP) voor het verminderen van uit- en afspoeling van stikstof en fosfor is beperkt (< 5%). De grootste reductie van de stikstofvrucht wordt berekend voor afwateringsgebied Nederwaard (3,0%), voor fosfor wordt de grootste reductie berekend voor afwateringsgebied Vijfheerenlanden (4,0%).

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Uit het onderzoek blijkt dat de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater voornamelijk wordt bepaald door de uit- en afspoeling vanuit landbouwbodems (83 à 95 %). Voor stikstof levert de actuele bemesting het grootste aandeel (Nederwaard 38%, Overwaard 42%, Vijfheerenlanden 55%), gevolgd door de nalevering vanuit landbouwgronden (respectievelijk 20%, 17% en 8%). Voor fosfor levert nalevering het grootste aandeel (Nederwaard 65%, Overwaard 64%, Vijfheerenlanden 57%), gevolgd door bemesting (8, 11 en 22%). In tegenstelling tot stikstof is de bijdrage van de actuele bemesting aan de uit- en afspoeling van fosfor beperkt (< 5%), met uitzondering van Vijfheerenlanden (16%). De belangrijkste bron voor de uit- en afspoeling van fosfor is de nalevering van de bodem (bijna 70%).

Uit een nadere analyse van de modelresultaten is naar voren gekomen dat in de gebieden met veenbodems de berekende nalevering voor stikstof vermoedelijk is onderschat en voor fosfor overschat. Voor de herkomstverdeling van stikstof zou dit betekenen dat het aandeel van nalevering in de totale belasting groter is en het aandeel van bemesting iets kleiner. Voor de herkomstverdeling van fosfor zou dit juist een kleiner aandeel nalevering betekenen en een groter aandeel bemesting. Nader onderzoek is nodig om te bepalen of en in welke mate de nalevering is onder- en overschat en tot welke verschuivingen dit in de herkomstverdeling leidt.

Met het modelinstrumentarium is het effect van het 5^e Nitraat Actie Programma (5^e NAP, ingegaan 2014) op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in beeld gebracht. Evenals de landelijke evaluatie komt hieruit naar voren dat het effect hiervan op de nutriëntenbelasting in de beschouwde gebieden gering is (kleiner dan 5%).

5.2 Aanbevelingen

Het opgezette modelinstrumentarium kan efficiënt worden ingezet om de effecten van diverse maatregelen op de nutriëntenbelasting te berekenen, zoals maatregelen die het bodemoverschot verkleinen, onderwaterdrainage, verandering landgebruik (omzetting naar natuur) en niet in het najaar bemesten. Om echter meer zekerheid te verkrijgen over de herkomstverdeling en om de bruikbaarheid van het modelinstrumentarium te vergroten, wordt aanbevolen om voor de dominante veenbodems de SWAP-Animo rekenplots nader te analyseren en deze met name ten aanzien van de kwelconcentraties en nalevering aan te passen op basis van locatie-specifieke meetgegevens die in voorgaande onderzoeken zijn verzameld.

Om beter betrouwbare water- en stoffenbalansen voor de gebieden op te kunnen stellen en het modelinstrumentarium beter te kunnen valideren, wordt aanbevolen om de debietmetingen bij de gemalen te kalibreren en de metingen van de waterkwaliteit bij de gemalen minstens tweemaal per maand te bemeten. Door een periode een intensievere meetfrequentie aan te houden of met sensoren continue metingen uit te voeren, kan de meerwaarde van een hogere meetfrequentie worden onderbouwd.

Verder wordt aanbevolen om in vervolgonderzoek de berekende nutriëntenbelasting te vergelijken met de voor de ecologie kritische belasting en daarbij, gelet op de herkomst, na te gaan in hoeverre het logisch is om KRW-doelen aan te passen (doelverlaging). Om beter inzicht te verkrijgen in de relatie tussen de nutriëntenbelasting, retentie en ontwikkeling van de aquatische ecologie wordt aanbevolen om in te zetten op kennisontwikkeling over de rol van de waterbodem. Hiervoor worden initiatieven genomen in het kader van de Kennisimpuls Delta-aanpak Waterkwaliteit en zoetwater.

Literatuur

- Adviescommissie water, advies waterkwaliteit 9 mei 2016.
- Boekel, E.M.P.M. van, P. Groenendijk en L.V. Renaud, 2016. *Bronnen van nutriënten in het oppervlaktewater in het beheergebied van Wetterskip Fryslân; studie naar de herkomst en beïnvloedbaarheid van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater voor zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2727.
- Boekel, E.M.P.M. van, J. Roelsma, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.C. Jansen, L.V. Renaud, R.F.A. Hendriks en P.N.M. Schipper, 2015. *Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK: Hoofdrapport; Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntenbalansen voor het beheergebied van HHNK*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2475.
- Boekel, E.M.P.M., Smit, A.A.M.F.R., Mulder, H.M., Groenendijk P., 2013. *Procedure afleiden regionale uit- en afspoelingscijfers voor stikstof en fosfor (herschikkingsprocedure)*. Wageningen, Alterra.
- Boekel, E.M.P.M. van, P.N.M. Schipper, R.F.A. Hendriks, H.T.L. Massop, H.M. Mulder en J. Roelsma, 2013. *Herkomst nutriëntenbelasting afvoergebieden HDSR, pilotstudie ECHO: regionale bronnenanalyse nutriëntenbelasting: Keulevaart, Eiland van Schalkwijk, Langbroekerwetering en Zegveld*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2408.
- Boekel, E.M.P.M. van, P. Bogaart, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, R.A.L. Kselik, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.E.V. van Walsum en F.J.E. van der Bolt, 2012. *Evaluatie Landbouw en KRW. Evaluatie meststoffenwet 2012: deelrapport ex post*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2326.
- Gaalen, 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.
- Gerven, L.P.A. van, Grift, B. van der, Hendriks, R.F.A., Mulder, H.M., 2011. Nutriëntenhuishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard : bronnen, routes en sturingsmogelijkheden. Alterra-rapport 2220.
- Groenendijk, P., E.M.P.M. van Boekel, L. Renaud, A. Greijdanus, R. Michels, T. de Koeijer, 2016. *Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren; het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten hiervan op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden*. Wageningen, Wageningen Environmental Research. Rapport 2749.
- 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, 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.
- 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., 1991. Afbraak en mineralisatie van veen. Rapport 199, DLO- Staring Centrum, Wageningen.
- Hendriks, R.F.A., 1993. Nutriëntenbelasting van oppervlaktewater in veenweidegebieden. Rapport 251, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Hendriks, R.F.A., J.W.H. van der Kolk en H.P. Oosterom, 1994. Effecten van beheersmaatregelen op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van peilgebied Bergambacht. Een modelstudie. Rapport 272, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Hendriks, R.F.A. en J.J.H. van den Akker, 2012. Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veenweiden. Modelberekeningen met SWAP-ANIMO voor veenweide-eenheden naar veranderingen van de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater bij toepassing van onderwaterdrains in het westelijke veenweidegebied. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2354.

-
- Kroes, J.G., E.M.P.M. van Boekel, F.J.E. van der Bolt, L.V. Renaud en J. Roelsma, 2011. *ECHO, een methodiek ter ondersteuning van waterbeleid; methodiekb beschrijving en toepassing Drentse Aa*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1913.
- Kroes, J.P., P. Groenendijk, J. Huygen, 1999. *Hydrologie voor STONE: berekeningen met SWAP 2.0. Technical Document 57*. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- Klijn, 1997. *Vertaaltabellen bodem voor MOZART-SMART-DEMNAT, T2178*. Delft, Waterloopkundig Laboratorium.
- Kroon, T., P. Finke, I. Peerenboom en A. Beuzen, 2001. *Redesign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE; de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters*. Lelystad, RIZA, rapport 2001.017.
- Linden, W. van der, e.a. 2008. *Grondwatermodellering Rivierenland (MORIA)*. Deltares / TNO-rapport 2008-U-R0827/A, Utrecht.
- Mulder, M., P. Schipper, E. Jongman en J. Heijkers, 2012. Onzekere debietschattingen. *Stromingen*, 16, (3), 33 - 43.
- Muhammetoglu, A. and S. Soyupak, 2000. A three-dimensional water quality-macrophyte interaction model for shallow lakes. *Ecological Modelling* 133, 161-180.
- Roest, C.W.J. en P. Groenendijk, 1995. De weg naar een schone toekomst. In: J.F.T. Schoute, L.M. van den Berg, H. Farjon en J.H.A.M. Steenvoorden (redactie), 1995. *Waarheen met het landelijk gebied*. Samson H.D. Tjeenk Willink, Alphen aan den Rijn, 1995.
- Roijackers, R., S. Szabó en M. Scheffer, 2004. Experimental analysis of the competition between algae and duckweed. *Hydrobiologie* 160, 401-412.
- Rozemeijer, J.C., 2015. Nutriëntenvrachten vanuit zes stroomgebieden in Wetterskip Fryslân voor 2011 t/m 2013. Deltares rapport 1209597-000-BGS-0003.
- 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.N.M., R.F.A. Hendriks, H.T.L. Massop en E.M.P.M. van Boekel, 2016. *Belasting van waterlichamen in de Krimpenerwaard met stikstof en fosfor*. Wageningen, Wageningen Environmental Research. Rapport 2738.
- Siderius, C., P. Groenendijk, L.P.A. van Gerven, M.H.J.L. Jeuken en A.A.M.F.R. Smit, 2008. *Process description of NuswaLite; a simplified model for the fate of nutrients in surface waters*. Alterra Wageningen, Alterra, Alterra Report 1226.2,
- Veraart, A.J., J.J.M. de Klein en M. Scheffer, 2011b. Warming Can Boost Denitrification Disproportionately Due to Altered Oxygen Dynamics. *PLoS ONE* 6(3): e18508.
- Vries, F. de, W.J.M. de Groot, T. Hoogland, J. Denneboom, 2003. *De bodemkaart van Nederland digitaal; Toelichting bij inhoud, actualiteit en methodiek en korte beschrijving van additionele informatie*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 811.
- Waterschap Rivierenland, 2015. *KRW-Rivierenlandplan 2 2016-2021*, augustus 2015.
- Woestenburg, M. en T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Sturen op schoon water: eindrapportage project Monitoring Stroomgebieden*.

Bijlage 1 Herschikkingsprocedure

B1.1 STONE-schematisering

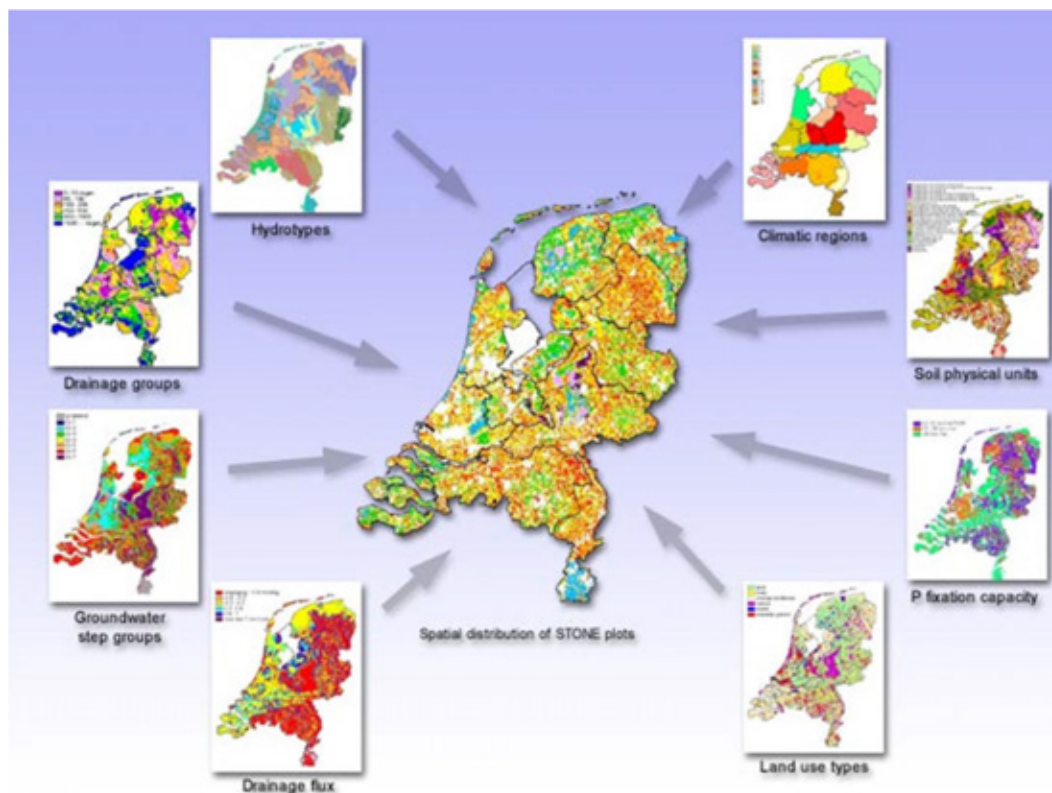
STONE (Samen Te Ontwikkelen Nutriënten Emissiemodel) is een landelijk model dat erop gericht is om op nationale schaal de effecten van nationaal of Europees landbouw- en milieubeleid en de ontwikkelingen in de landbouwsector op de uitspoeling van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater te 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, drainage-groepen, grondwatertrappen, kwel/wegzijgingsflux);
- indeling in landgebruik (gras, mais, overig landbouw, natuur, water en bebouwing);
- indeling in bodemtype (zand, klei, veen);
- indeling in chemische eigenschappen van de bodem (fosfaatbindend vermogen, mineralisatiecapaciteit, kationencapaciteit);
- 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)).

De herschikkingsprocedure bestaat uit verschillende onderdelen

1. Gebiedsanalyse
 - vervaardigen nieuwe geclassificeerde kaarten
 - overlay van kaarten en afleiden van MLBG²-combinaties
2. afleiden nieuwe N- en P-uitspoelingscijfers
 - selectie van representatieve STONE-plots die passen bij MLBG-combinaties
 - Aggregeren van N en P-belasting op ERC-niveau
 - Neerschalen van N en P-belasting naar het studiegebied (LSW-niveau)
3. Validatie (vergelijking met eerdere studies)

Stap 1: Gebiedsanalyse

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

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

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

Landgebruik

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

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

Bodemtype

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. In de huidige herschikkingsprocedure is gekozen voor de PAWN-kaart. Ook hiervoor geldt dat de eenheden, die in de bodemkaart worden onderscheiden, opnieuw geclassificeerd/geclusterd moeten worden.

Eindresultaat van stap 1b is een nieuwe bodemkaart op basis met de PAWN-bodem met een resolutie van 25*25 m.

² MLBG is een afkorting voor **M**eteo **L**andgebruik **B**odemfysische eenheid en **G**rondwatertrap

Hydrologische toestand

Naast het bodemtype wordt de 1:50.000 bodemkaart ook gebruikt om informatie te krijgen over de diepte en fluctuatie van het grondwater (Vries 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.

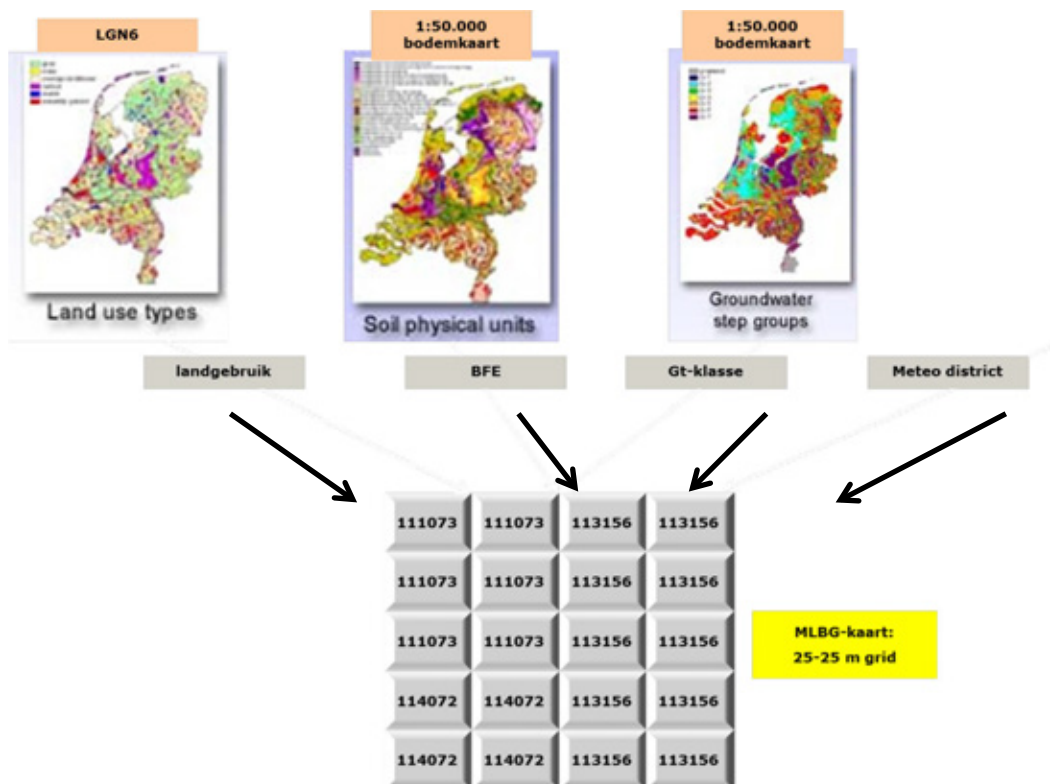
Code grondwatertrap	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)
I	-	< 50
II	-	50 - 80
II*	25 - 40	50 - 80
III	< 40	80 - 120
III*	25 - 40	80 - 120
IV	> 40	80 - 120
V	< 40	> 120
V*	25 - 40	> 120
VI	40 - 80	> 120
VII	80 - 140	> 120
VII*	> 140	> 120

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*25m (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. Ook kan het voorkomen dat een gebied als 'open water' of 'stedelijk' gebied wordt geclassificeerd, terwijl op basis van de 1:50.000 bodemkaart dit landelijk gebied betreft. Op voorhand is hierdoor al duidelijk dat er voor dit type MLBG-eenheid geen representatieve STONE-plots gevonden kan 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- 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, wordt 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 achter 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 worden, omdat de gewenste combinatie landgebruik, bodemfysische eenheid en Gt-klasse binnen een meteodistrict niet voorkomt, is ervoor gekozen om stapsgewijs steeds meer informatie van de MLBG-eenheden los te laten, net zolang alle eenheden zijn voorzien van een koppeling naar STONE-plots. In tabel B1.7 is het stappenplan weergegeven voor toekenning van STONE-plots aan MLBG-eenheden.

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

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

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

Stap 1: aanpassing bodemfysische eenheden met restrictie

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

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

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

Stap 2: aanpassing Gt-klasse

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

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

- nat: Gt-klasse I, II, III en V
- matig droog: Gt-klasse IV en VI
- droog: Gt-klasse VII en VIII

Ook hierbij geldt dat er een voorkeursvolgorde is vastgelegd.

Stap 4: aanpassing bodemfysische eenheden met beperkte restrictie

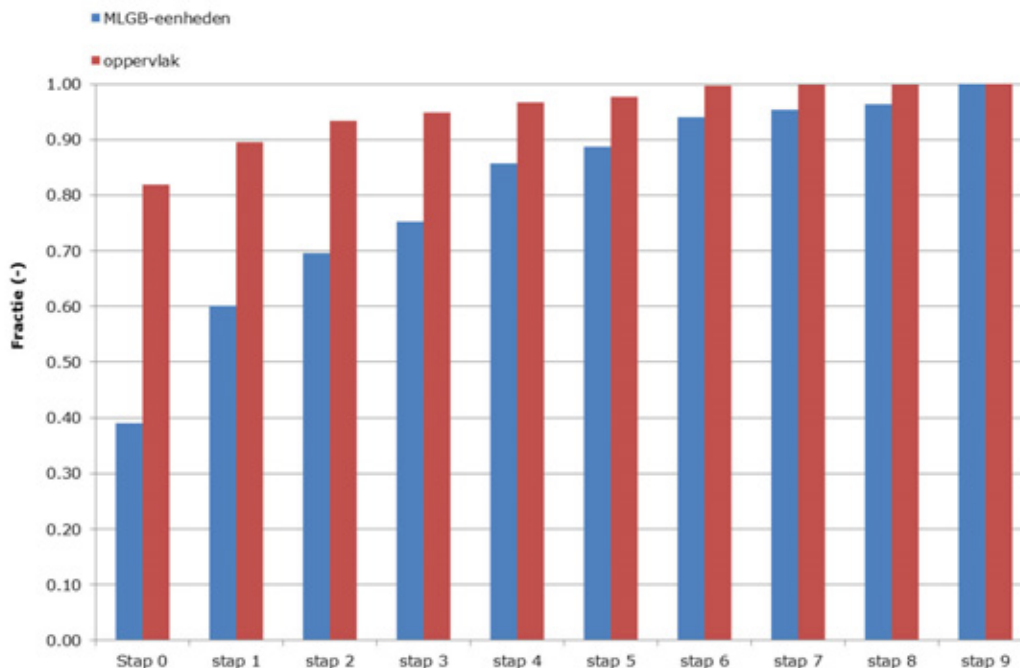
In de eerste stap is een aanpassing van de bodemfysische eenheden voorzien waarbij 10 groepen onderscheiden worden. In stap 4 wordt een aantal groepen geclusterd op basis van de grondsoort (tabel B1.9).

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

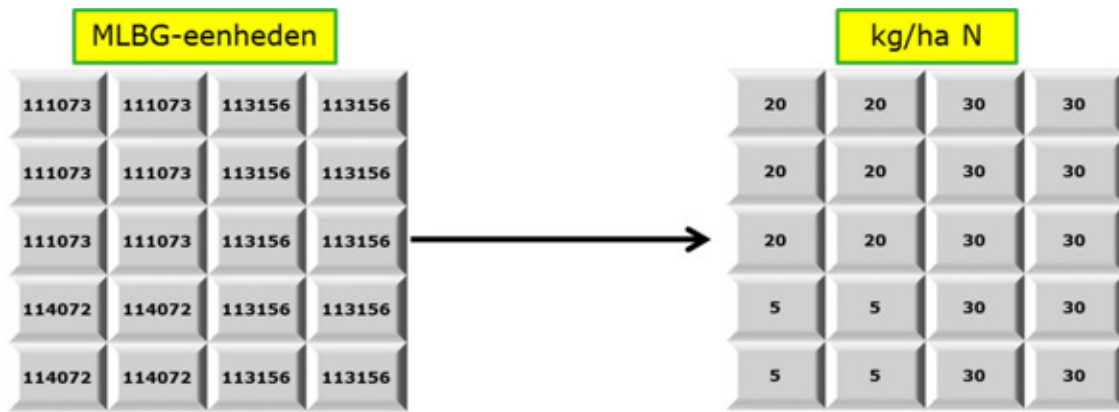
In figuur B1.3 is een overzicht gegeven van de fractie van het areaal/MLBG-eenheden voor de verschillende stappen waarvoor een 'match' gevonden kan worden met een STONE-plot.



Figuur B1.3 Fractie van het areaal/MLBG-eenheden voor de verschillende stappen waarvoor een 'match' met een STONE-plot gevonden kan worden.

In stap 0 (1:1 match) kan voor ca. 80% van het areaal een STONE-plot gevonden worden. indien gekeken wordt naar het aantal MLBG-eenheden is dit nog geen 40%. Het doorlopen van de verschillende stappen resulteert telkens tot een grotere match t.a.v. het aantal MLBG-eenheden en t.a.v. het totale oppervlak. De mogelijkheid tot aanpassing van de bodemfysische eenheid met restricties (stap 1) resulteert tot een toename van het aantal MLBG-eenheden waarvoor een match gevonden kan worden met ruim 20%, voor het areaal is dit een toename van bijna 10%. Uit de figuur blijkt dat een verdere aanpassing van de bodemfysische eenheden (stap 4: beperkte restrictie) tot een duidelijke toename leidt van het aantal MLBG-eenheden waarvoor een match gevonden kan worden.

Nadat alle 9 stappen zijn doorlopen, is het mogelijk om voor iedere MLBG-eenheid (rekeeneenheid) 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.

Op basis van dit resultaat kan voor een willekeurig stroomgebied nieuwe uit- en afspoelingcijfers worden gegenereerd.

Bijlage 2 Bronnen in de EmissieRegistratie

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

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

Bijlage 3 Betrouwbaarheid bronnen in de EmissieRegistratie

In onderstaande tabel is voor een aantal bronnen uit de Emissieregistratie een 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
Effluënten 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 Retentie

Poldersystemen

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 het zomer- en winterhalfjaar voor polders die vooral uit veen of klei bestaan. Voor de 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.

Denitrificatie

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

$$D_T = D_{20} \cdot \theta_s^{(T-20)} \quad (2)$$

Waarin D_{20} de denitrificatiesnelheid is bij 20 °C en θ_s de temperatuurcoëfficiënt die de waarde 1,07 is toegekend; een waarde die kenmerkend is voor veel biochemische reacties. Echter zijn voor de denitrificatie ook hogere waarden voor de temperatuurcoëfficiënt gevonden van 1,24 en 1,28 (Veraart et al. 2011b).

Met formule 2 zijn maandgemiddelde denitrificatiesnelheden berekend voor de klei- en veenpolders, uitgaande van maandgemiddelde luchttemperaturen gemeten in de Bilt in de jaren 1990-2009 (data KNMI, tabel B4.1). De maandgemiddelde denitrificatiesnelheden zijn opgeschaald naar zomer- en winterhalfjaargemiddelden (tabel B4.2).

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

bodemtype	n	Denitrificatie	Denitrificatie	Denitrificatie	Temperatuur	
		($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) gemiddeld	($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) minimum	($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) maximum	(°C) 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

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

Bodemtype	Denitrificatie (g N m^{-2})	
	zomerhalfjaar	winterhalfjaar
klei	9,9	5,3
veen	2,5	1,4

Waterplanten en stikstof

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

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

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

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

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

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

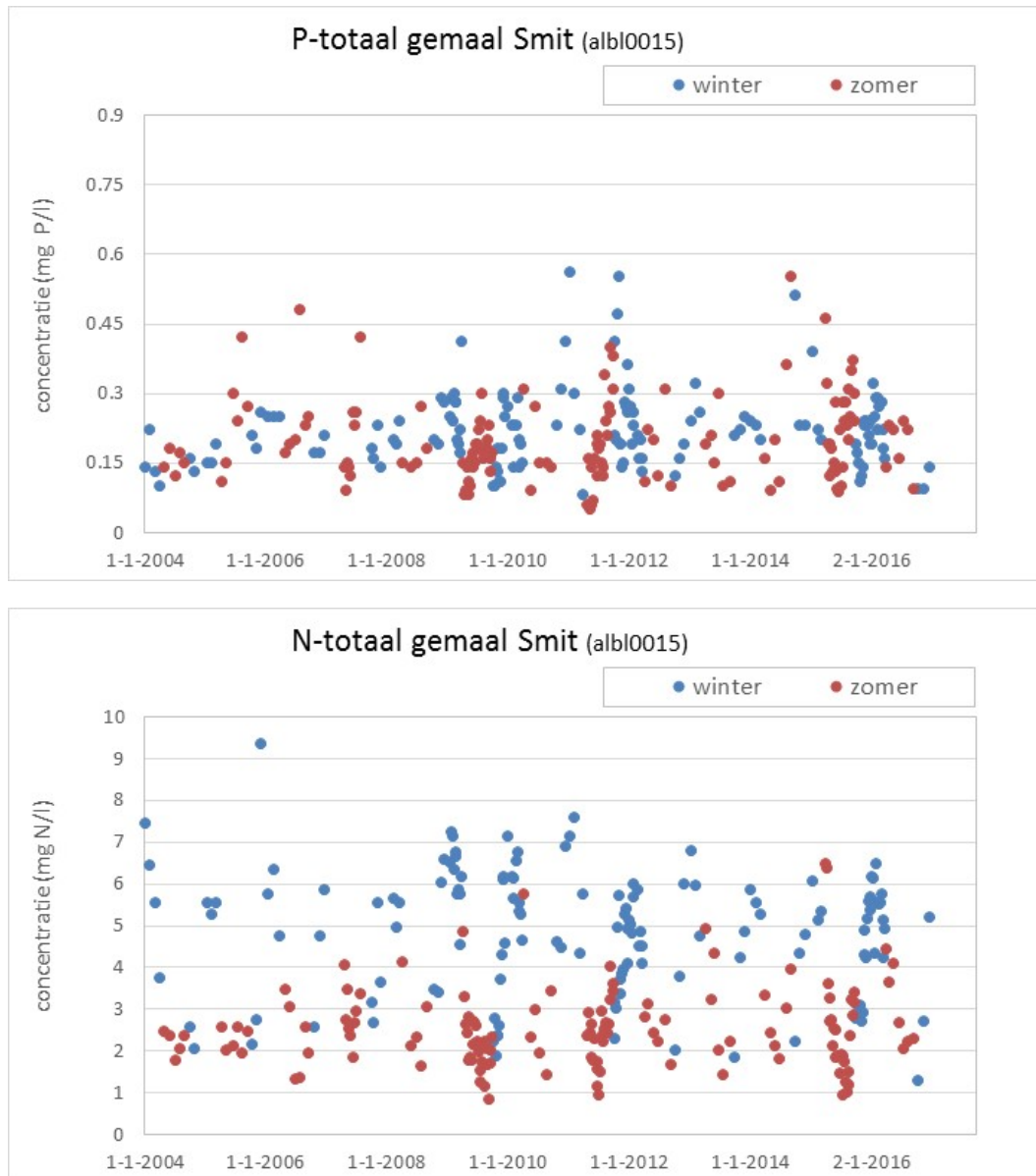
Tabel B4.5 geeft de geschatte hoeveelheid stikstofretentie in de klei- en veenpolders; het opgetelde effect van denitrificatie en waterplanten. Deze hoeveelheden, in gram per m² waterbodem, zijn vertaald naar hoeveelheden per polder door vermenigvuldiging met het areaal aan open water volgens het NHI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

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

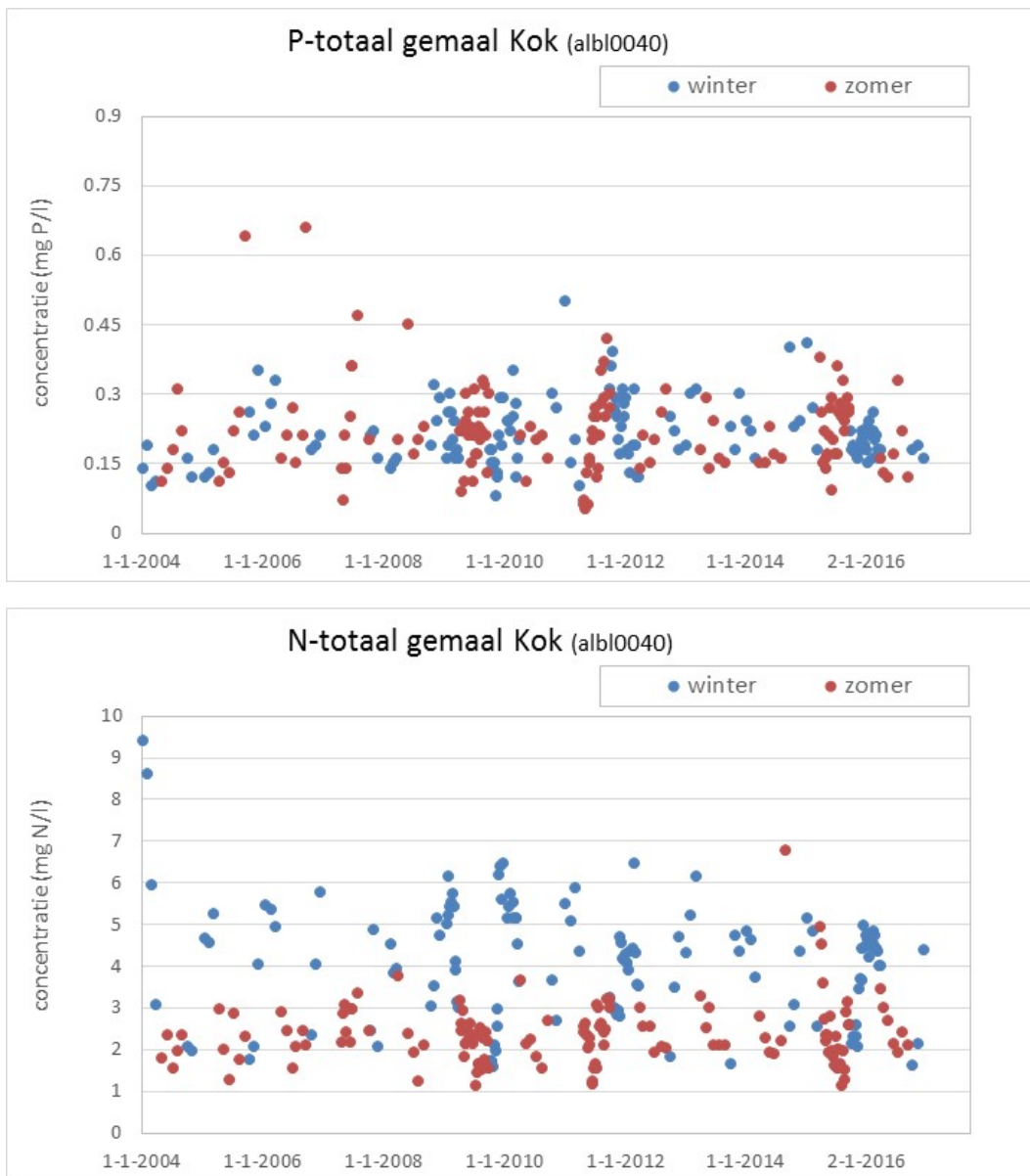
Tabel B4.5 Geschatte hoeveelheid stikstofretentie in klei- en veenpolders.

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

Bijlage 5 Waterkwaliteit gemaal Kok en Smit



Figuur B5.1 Waterkwaliteit gemaal Smit, representatief voor het water dat vanuit Nederwaard wordt uitgemalen.



Figuur B5.2 Waterkwaliteit gemaal Kok, representatief voor het water dat vanuit Overwaard wordt uitgemalen.

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

Wageningen Environmental Research
Rapport 2891
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 10.000 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 2891
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 10.000 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.

